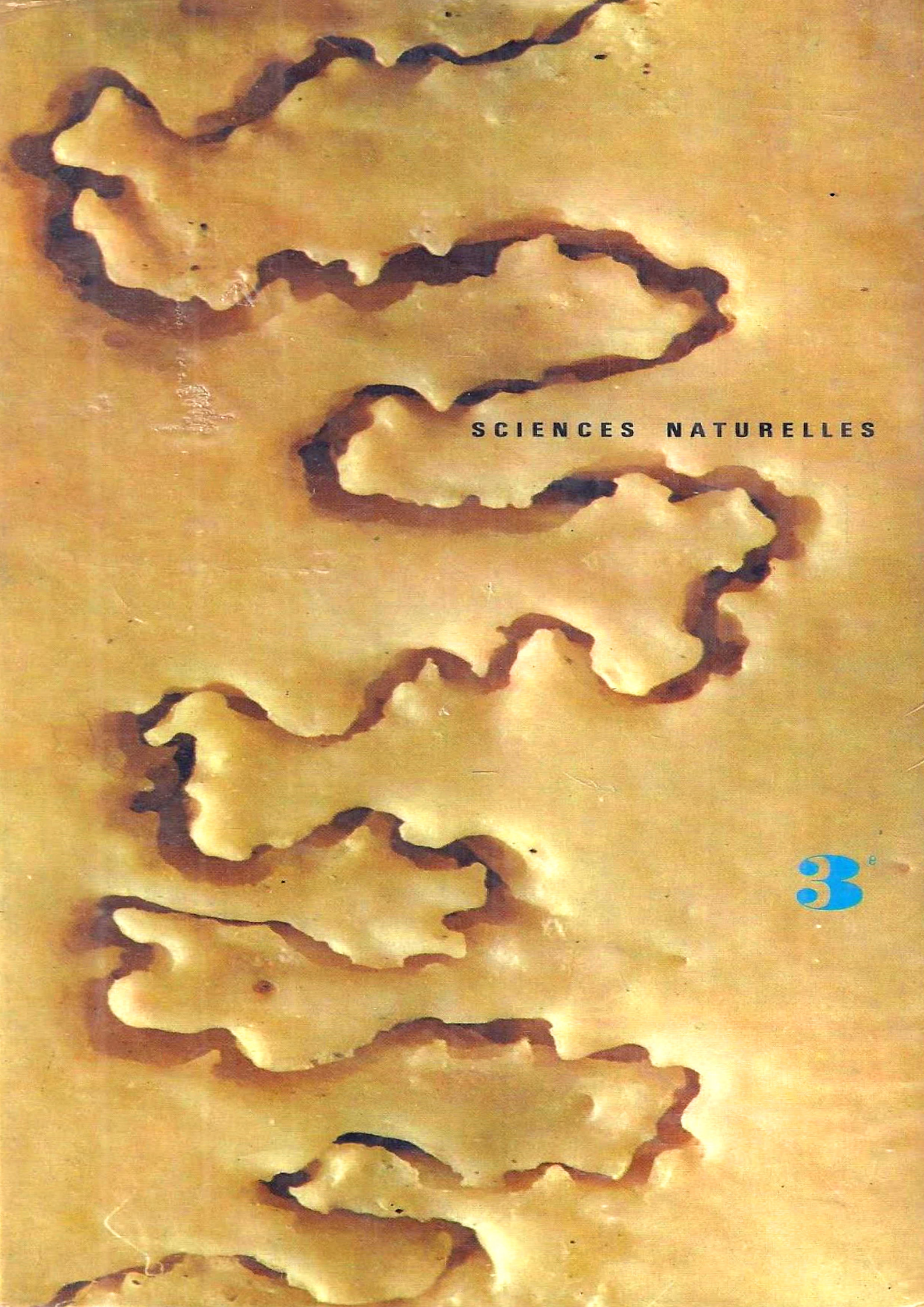


SCIENCES NATURELLES

3e

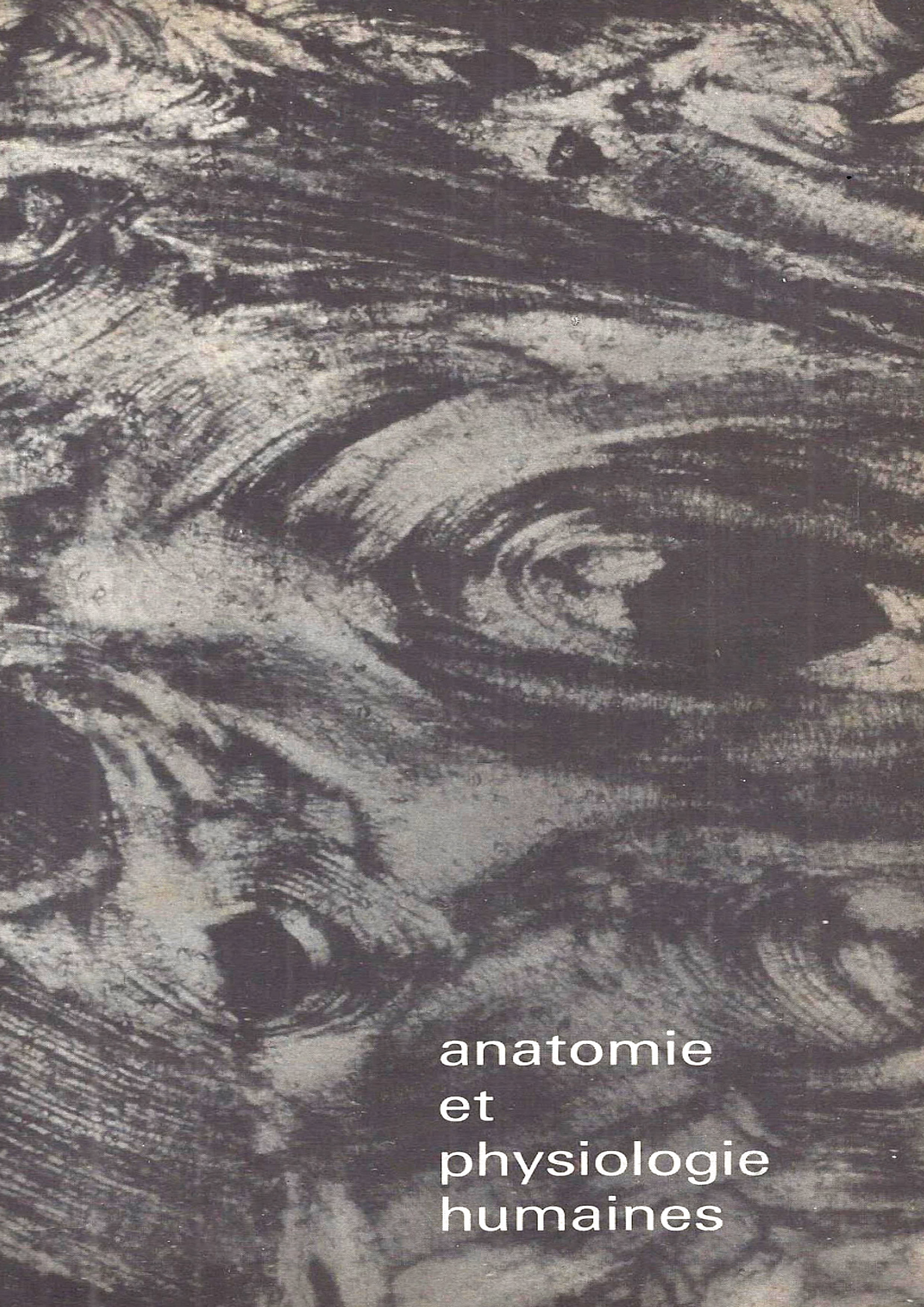
M. ORIEUX ET M. EVERAERE

sciences naturelles

la couverture
représente
la ligne de suture
de deux os du crâne

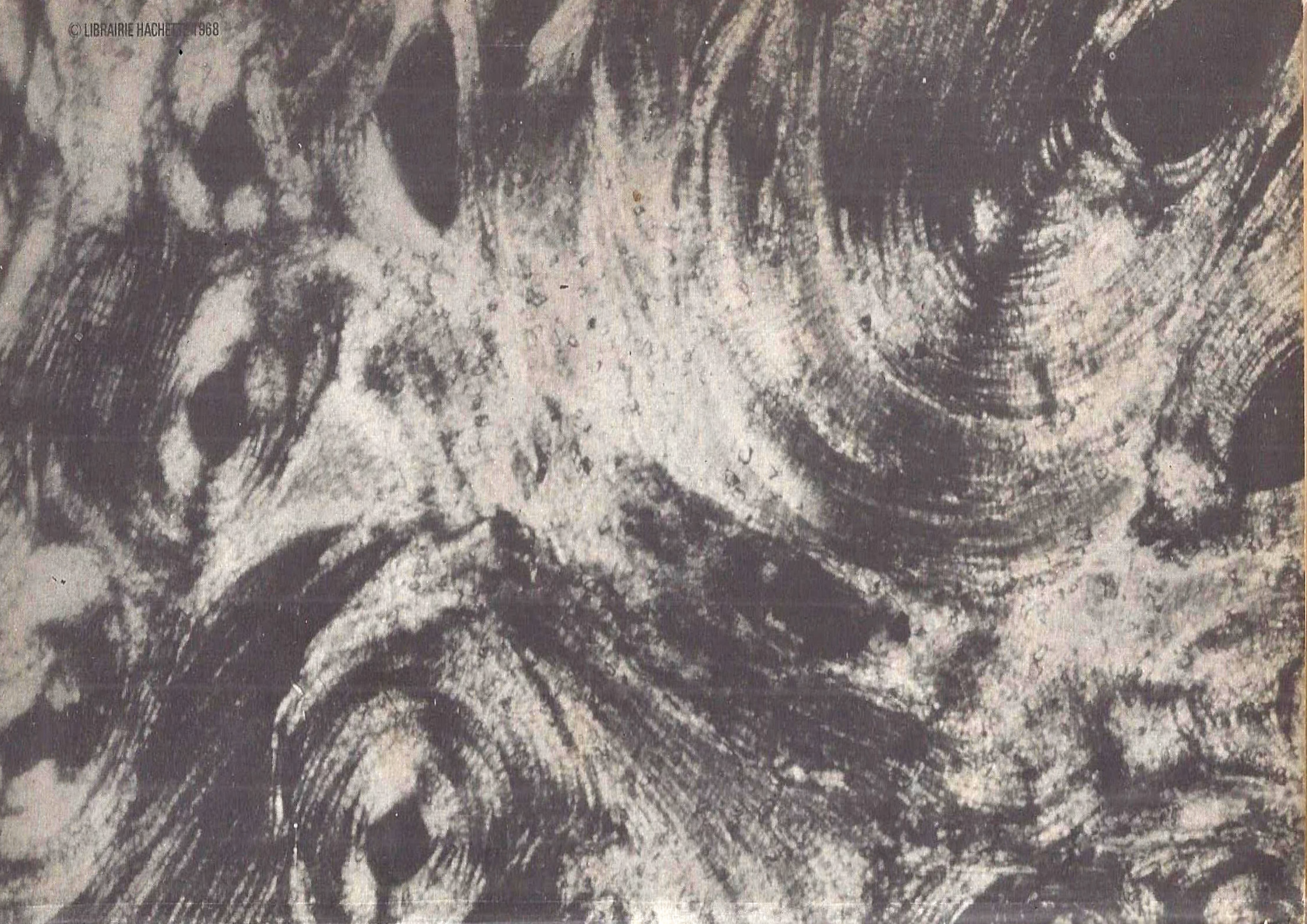
3e

CLASSIQUES HACHETTE/PARIS
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN



anatomie et physiologie humaines

© LIBRAIRIE HACHETTE 1968



utilisation du microscope

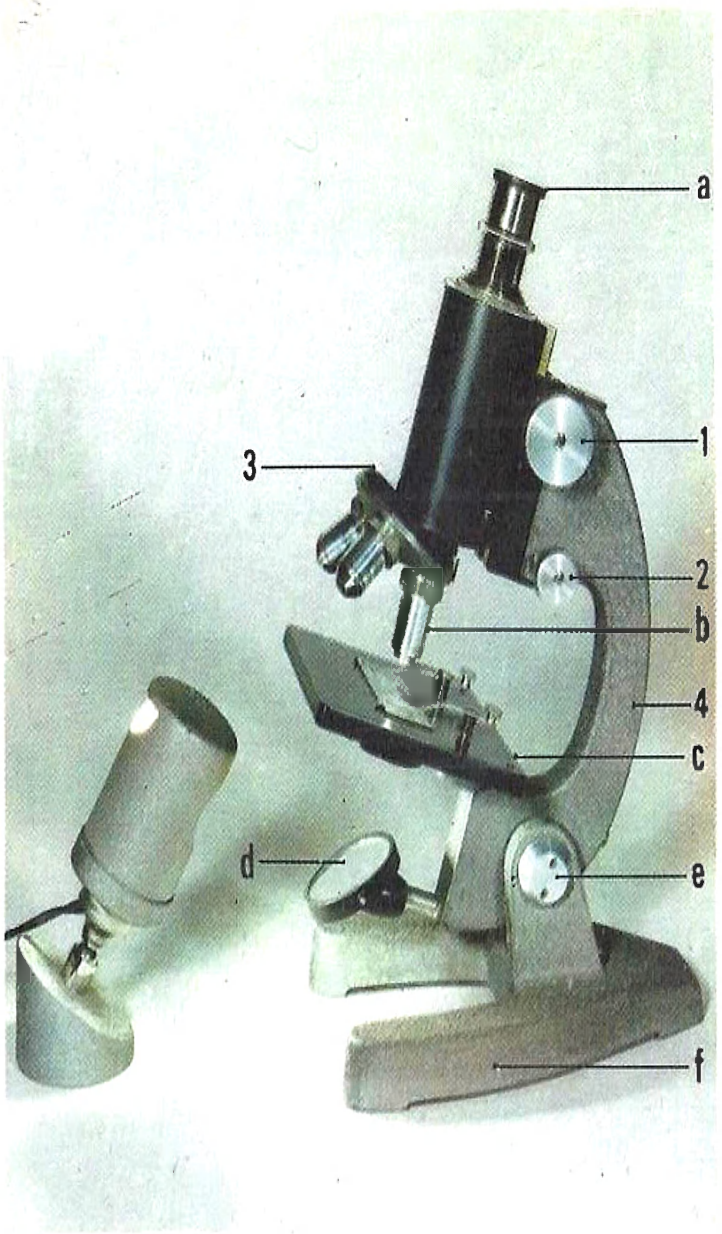
Le microscope est un instrument qui permet de grossir fortement ce que l'on désire observer.

sachez décrire un microscope

Repérez successivement :
- l'oculaire **a** où l'on place l'œil et les objectifs **b** qui seront, chacun à leur tour, près de la préparation; ils sont montés sur une plaque tournante appelée revolver;
- la platine **c** sur laquelle on met la préparation que l'on fixe avec les pinces;
- les vis **1** et **2** permettant de faire monter ou descendre le tube du microscope;
- le miroir inclinable **d**.

sachez le mettre au point

Pour la première fois, posez votre index sur de la poussière de craie; puis appliquez-le sur une lame porte-objet, et procédez comme il est dit à droite.



Inclinez le microscope : étant assis, vous devez pouvoir approcher l'œil de l'oculaire sans vous soulever. Pour incliner le microscope, posez une main à plat sur son pied (sous le miroir), puis, avec l'autre main, tirez le bâti jusqu'à l'inclinaison convenable.

Éclairez la préparation : mettez l'œil au-dessus de l'oculaire et déplacez le miroir jusqu'à ce que tout le « champ » soit lumineux, mais pas trop ! En lumière artificielle, utilisez le miroir concave.

Mettez au point : regardez sur le côté du microscope et abaissez, le plus possible, le tube du microscope à l'aide de la vis du mouvement rapide 1. Mettez l'œil à l'oculaire et relevez le tube en tournant la vis en sens inverse. Quand vous distinguerez quelque chose, finissez la mise au point avec la vis micrométrique 2.

déterminez la distance utile

C'est la distance qui sépare l'objectif et la préparation lorsque le microscope est mis au point parfaitement. Si vous connaissez cette distance, vous perdrez moins de temps quand vous changerez d'objectif.

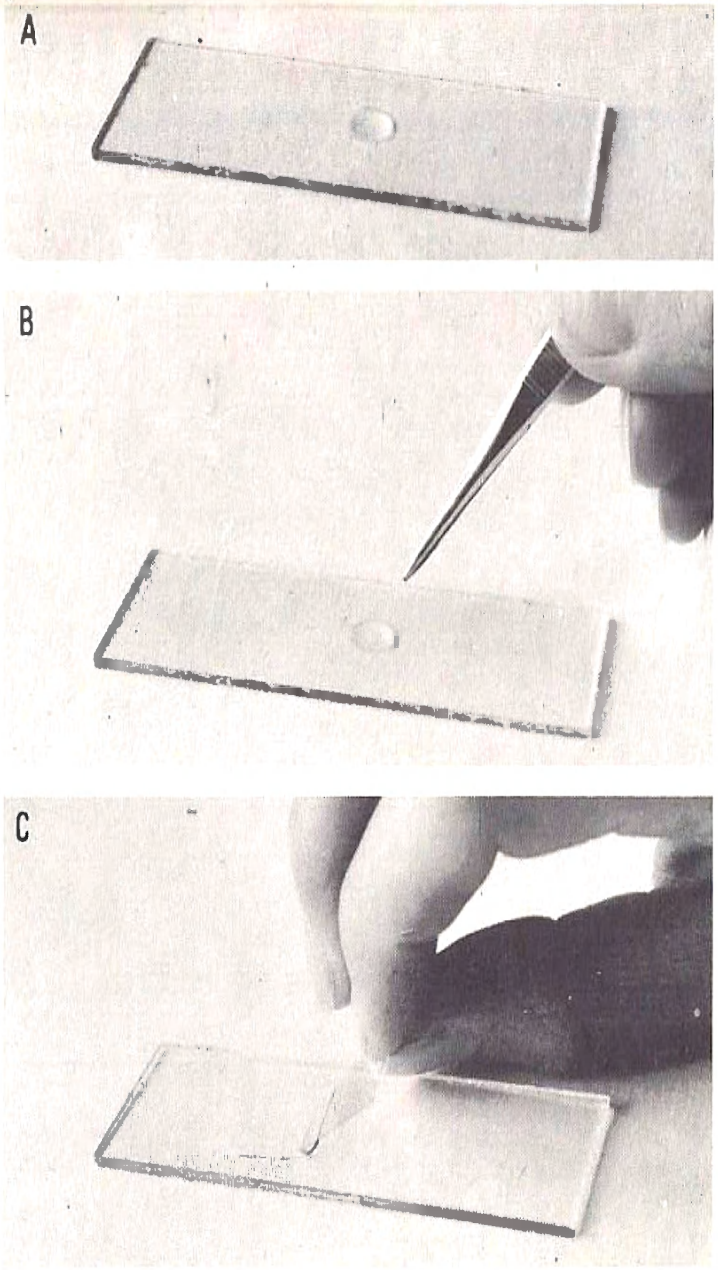
calculez le grossissement

Pour cela, lisez l'indication portée par l'oculaire (s'il y a le chiffre 6 suivi du signe multiplié, on lit : 6 multiplié par) et celle inscrite sur l'objectif.

1er cas : si l'objectif porte aussi un nombre et le signe multiplié (par exemple, 4 X), on obtient le grossissement en faisant l'opération : 6 X 4; le grossissement est donc 24.

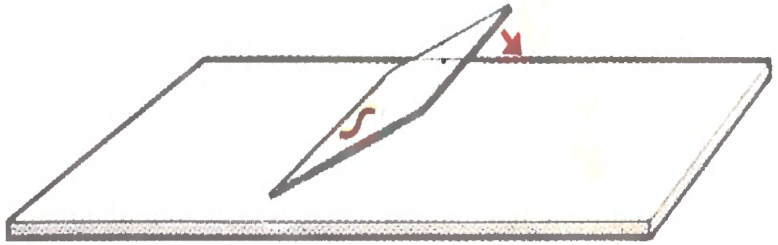
2e cas : si l'objectif porte un numéro (2, 3, 5...), il faut multiplier :

- par 6 pour le numéro 2;
- par 10 pour le numéro 3;
- par 30 pour le numéro 5.

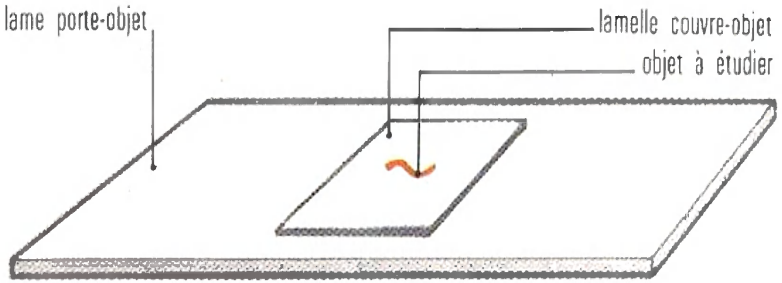


comment on réalise une préparation

distance utile (distance entre l'objectif et la préparation)			
oculaire 6 x		oculaire ... x	
objectif	distance	objectif	distance
4 X	... mm	4 X	... mm
25 X	...	25 X	...
... X	...	... X	...



le schéma



une préparation microscopique

l'anatomie et la physiologie

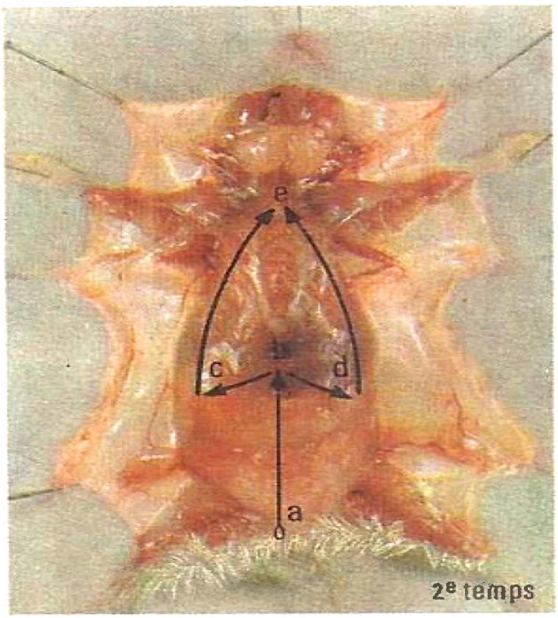
Observations

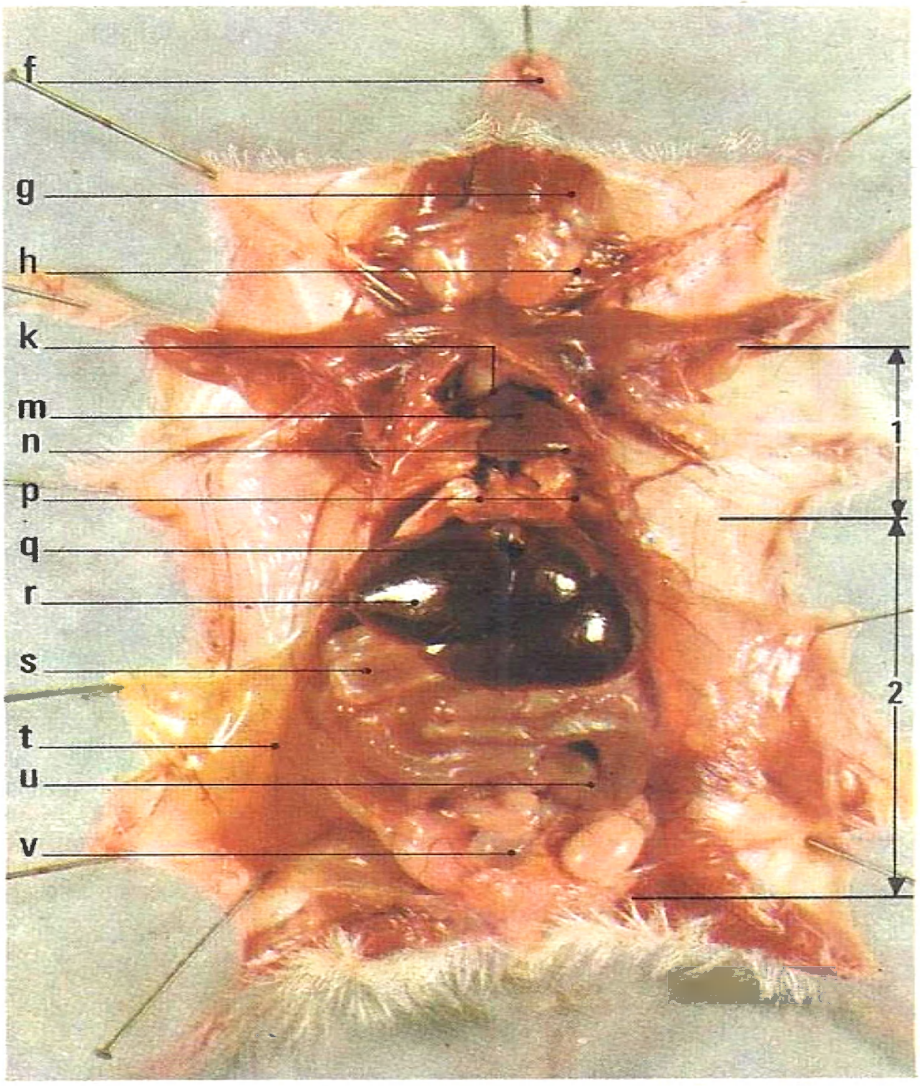
dissection d'une souris : 1er temps

- Fixez l'animal à l'aide d'épingles comme ci-contre, puis mouillez les poils pour qu'ils ne collent pas sur les différents organes.
- Avec une pince soulevez la peau en avant de l'anus et, avec une paire de ciseaux fins, faites une boutonnière; puis incisez la peau en suivant les trajets 1, 2, 3... Écartez la peau et épinglez-la sur les côtés.
- Observez les muscles de la poitrine et ceux d'une patte avant.

2e temps

- Avec une pince, soulevez la paroi abdominale en avant de l'anus et, avec une paire de ciseaux fins, faites une boutonnière. Dans celle-ci introduisez une sonde cannelée et poussez-la jusqu'à la pointe du sternum sans léser les organes.
- Sectionnez la paroi musculaire suivant **ab**, **bc** et **bd**, puis la paroi thoracique sur les côtés **ce-de**; enlevez le plastron thoracique et épinglez les deux volets de la paroi abdominale.
- Quelles sont les deux cavités du tronc ?
- Observez les organes en place et faites un croquis; annotez-le : muscles masséters **g**, glandes salivaires **h**, thymus **k**, vessie **v**...





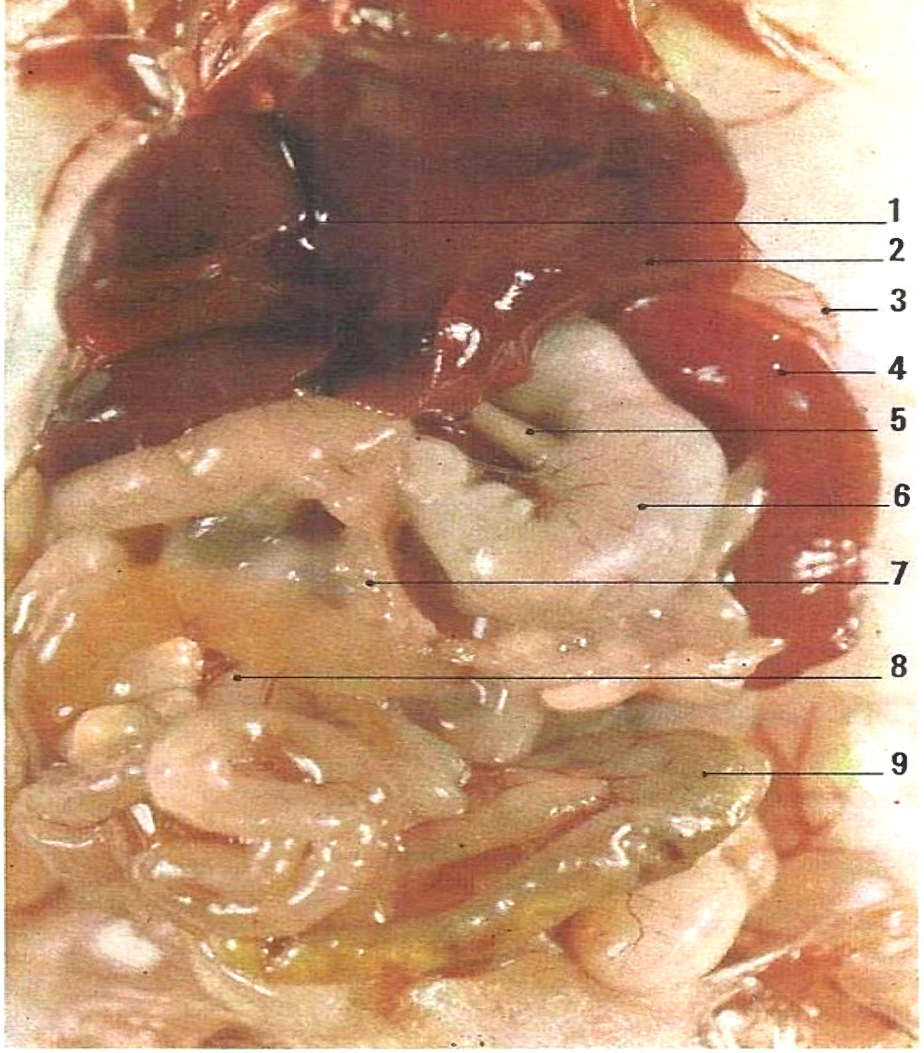
les organes thoraciques et abdominaux

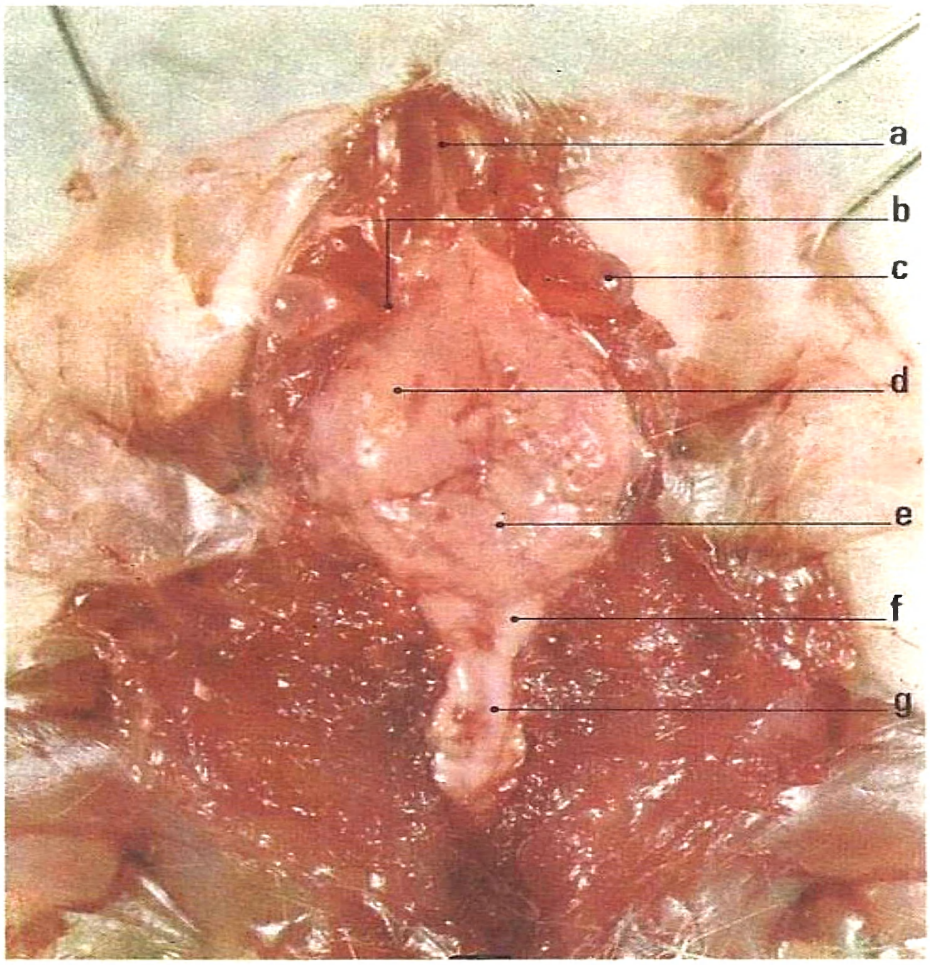
- Observez l'appareil respiratoire : distinguez la trachée-artère, les deux bronches qui pénètrent dans les poumons. Ceux-ci étaient accolés au diaphragme 3, mais, lorsqu'on a ouvert le thorax, ils se sont décollés et dégonflés.
- Observez le cœur : il est dans un sac, à parois très minces, appelé péricarde.
- Soulevez le foie 2 et recherchez : la vésicule biliaire 1, l'œsophage 5 qui débouche sur le côté de l'estomac 6, la rate 4.
- Déroulez l'intestin et observez :
  — le pancréas 7 qui est très allongé ;
  — le cæcum 9 : à quel endroit de l'intestin est-il situé ?
  — le mésentère 8 : c'est la fine membrane qui réunit les anses intestinales et qui est parcourue par des vaisseaux sanguins.

le système nerveux

Fixez la souris le dos en l'air ; incisez la peau sur la tête, le cou et le dos. Avec un scalpel, enlevez les os du crâne et grattez les premières vertèbres. Distinguez :

- La moelle épinière **g** et les différentes parties de l'encéphale : cerveau **d**, cervelet **e**, bulbe rachidien **f** ;
- Des nerfs crâniens : nerfs olfactifs **a** et nerfs optiques **b**. Faites un croquis.





observez l' « écorché »

1 Pourquoi appelle-t-on ainsi ce modèle démontable ?

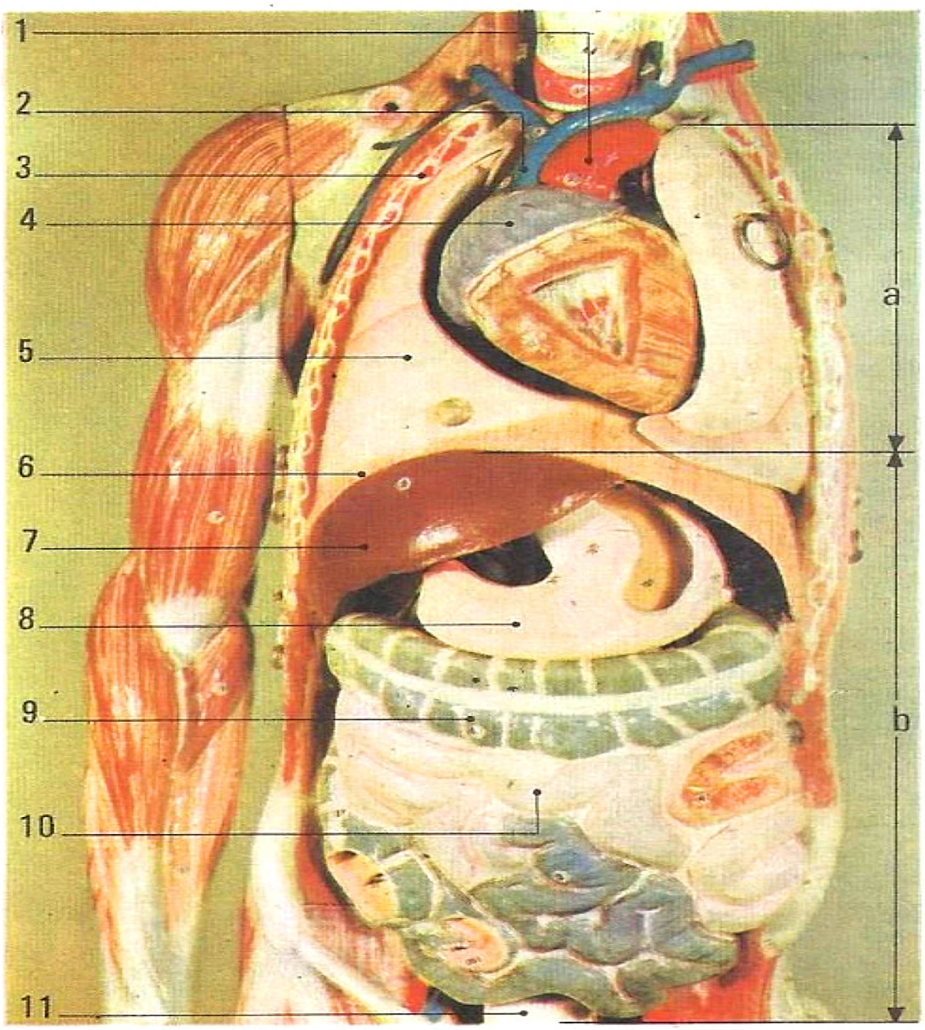
2 Quelles sont les deux cavités du tronc ? Par quoi sont-elles séparées ?

3 La paroi abdominale a-t-elle la même constitution que la paroi thoracique ?

4 Le nombre de paires de côtes est-il le même chez l'homme et chez la souris ?

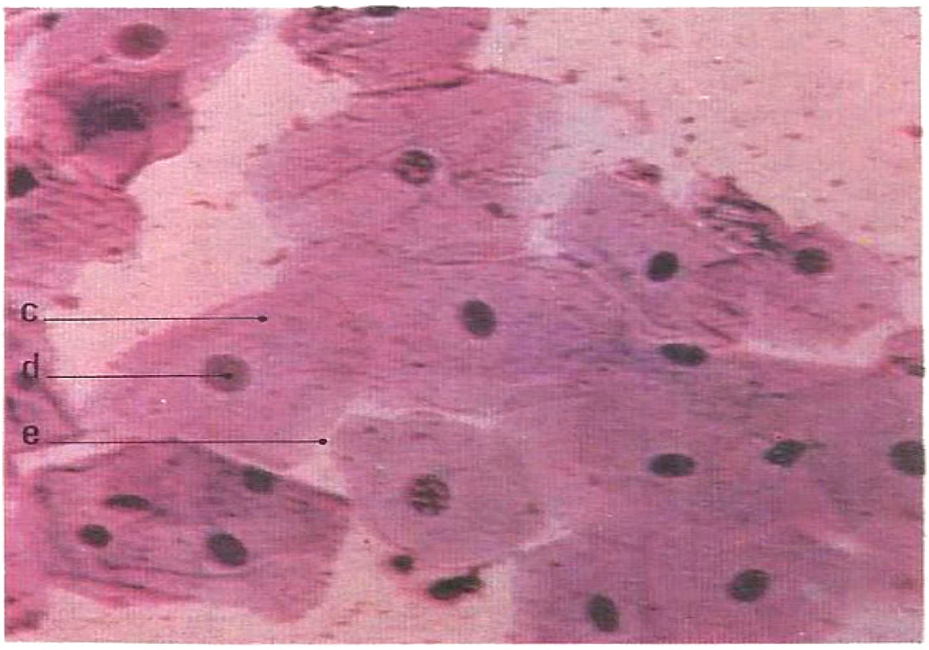
5 Quelle légende indiqueriez-vous à la place des lettres ? à la place des chiffres ?

6 Les organes du tronc sont-ils les mêmes chez l'homme et chez la souris ? Ces organes ont-ils toujours la même forme ?



faites une préparation microscopique

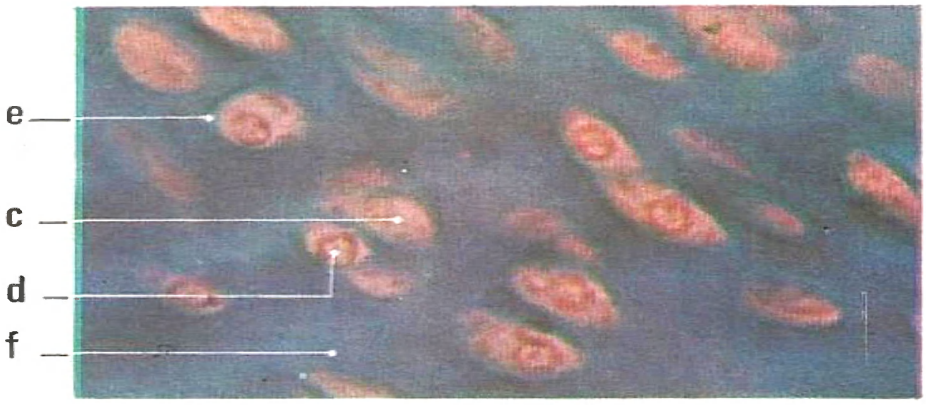
- Regardez, pages 2-3, le mode opératoire pour faire une préparation et pour l'observer au microscope.
- Avec un ongle bien propre, grattez doucement l'intérieur de la joue et délayez ce que vous obtenez dans une goutte d'eau ; puis mettez une lamelle couvre-objet.
- Observez la préparation au microscope. Dessinez des cellules et versez une goutte de bleu de méthylène sur le bord de la lamelle : qu'observez-vous ? Concluez !



observez une coupe de cartilage

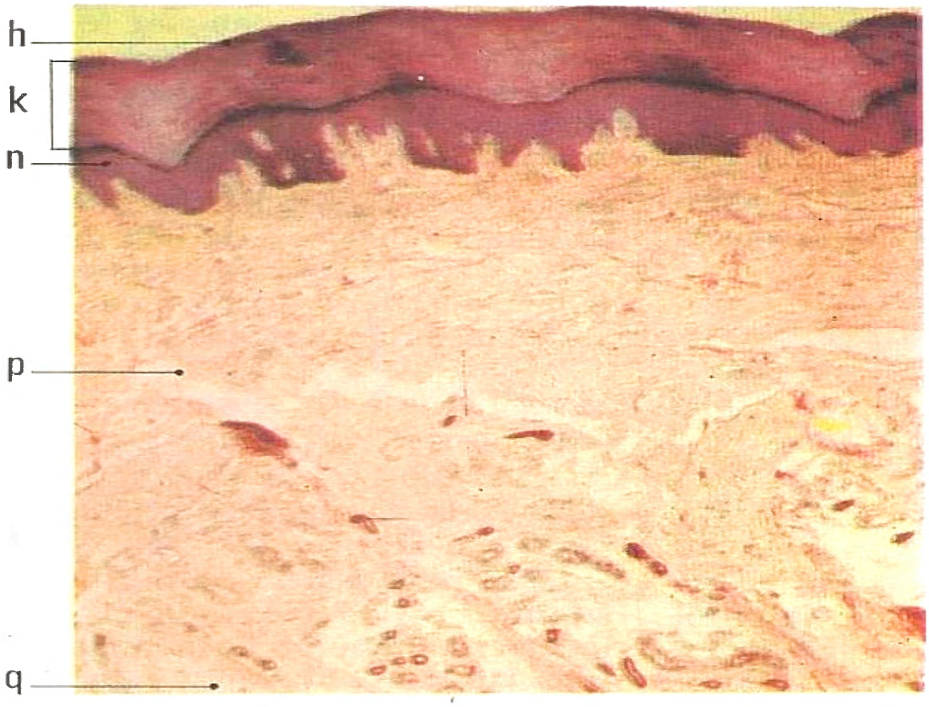
1 Où existe-t-il du cartilage ? Comparez cette préparation à la précédente : que constatez-vous ?

2 Dans chacune des cellules, distinguez : le cytoplasme **c**, la membrane **e** et le noyau cellulaire **d**.



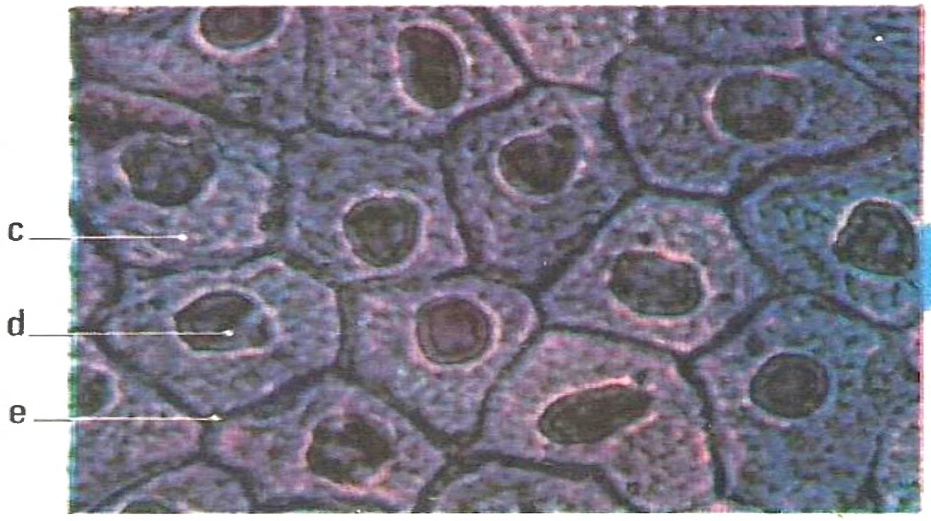
observez une coupe de peau

C'est une coupe de la peau du doigt faite perpendiculairement à la surface de la peau. Vous ne pouvez pas réaliser cette préparation, car il faut un microtome : c'est un appareil qui permet d'obtenir des coupes n'ayant que 5/1 000 de mm d'épaisseur; ensuite, il faut colorer la coupe obtenue. Distinguez la couche vivante **n** et la couche cornée **k** de l'épiderme; le derme **p** et des îlots de graisse **q**.



observez une mue de grenouille

Quand on laisse une grenouille dans l'eau, des fragments de la partie superficielle de la peau se décollent : ce sont des mues.
Etalez un petit fragment (3 × 3 mm) dans une goutte d'eau; mettez une lamelle et observez au microscope.
Dessinez; puis versez une goutte de bleu de méthylène au bord de la lamelle. Qu'est-ce qui se colore surtout ?



l'anatomie et la physiologie

Ce que montre une dissection

l'enveloppe du corps

Au cours de la dissection d'un petit Mammifère (souris, par exemple), on constate que la peau forme un revêtement continu à la surface du corps. La peau se prolonge dans les ouvertures naturelles (bouche, fosses nasales, anus) par les muqueuses. La peau est garnie de poils; ils sont implantés dans la peau et s'accroissent, sans cesse, par leur base.

On peut pincer la peau et la soulever, car sous la peau se trouve un tissu formé de fibres et de graisse : c'est le tissu sous-cutané. Il réunit la peau à la chair située au-dessous; mais il est facile de détacher la peau, ce qui permet d'écorcher un animal.

la notion d'organes

La chair est formée de masses rougeâtres : ce sont des muscles. En écartant les muscles d'une patte, on voit d'autres organes : des vaisseaux sanguins, des nerfs (cordons blanc nacré qui s'écrasent facilement) et, selon l'endroit, un ou deux os.

La peau et le tissu sous-cutané constituent l'enveloppe du corps. Sous celle-ci, il existe des muscles, des os, des vaisseaux sanguins... : ce sont des organes. L'étude de leur situation, de leur forme et de leur structure est l'anatomie.

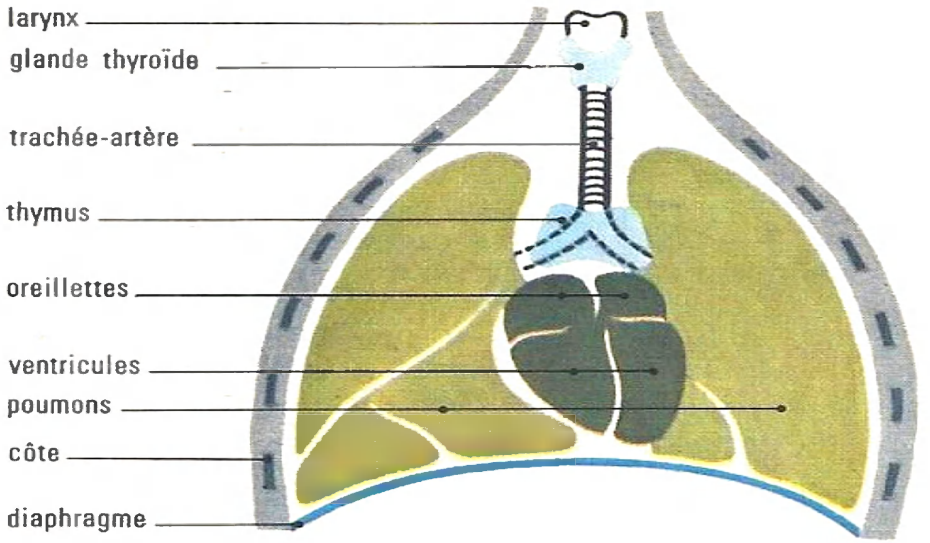
le tronc contient deux cavités

Quand on incise la paroi ventrale du tronc d'une souris, on constate que la paroi abdominale est formée seulement de muscles, alors que la paroi thoracique est constituée de muscles et d'os.
A l'intérieur du tronc se trouve une cavité nommée cavité générale. Elle permet d'enlever facilement les organes (ou viscères) quand on prépare un lapin ou un animal de boucherie.
Une fine lame musculaire, le diaphragme, disposée en travers du tronc, partage la cavité générale en deux : la cavité thoracique au-dessus du diaphragme et la cavité abdominale au-dessous de celui-ci.

Dans la cavité thoracique **1** sont logés le cœur, les deux poumons en relation avec l'arrière-bouche par la trachée-artère, et l'œsophage qui conduisait les aliments dans l'estomac situé sous le diaphragme.

Dans la cavité abdominale **2** on trouve le foie, l'estomac, l'intestin (intestin grêle et gros intestin), le pancréas, la rate, les deux reins et la vessie.

Le tronc est partagé en deux cavités par le diaphragme.

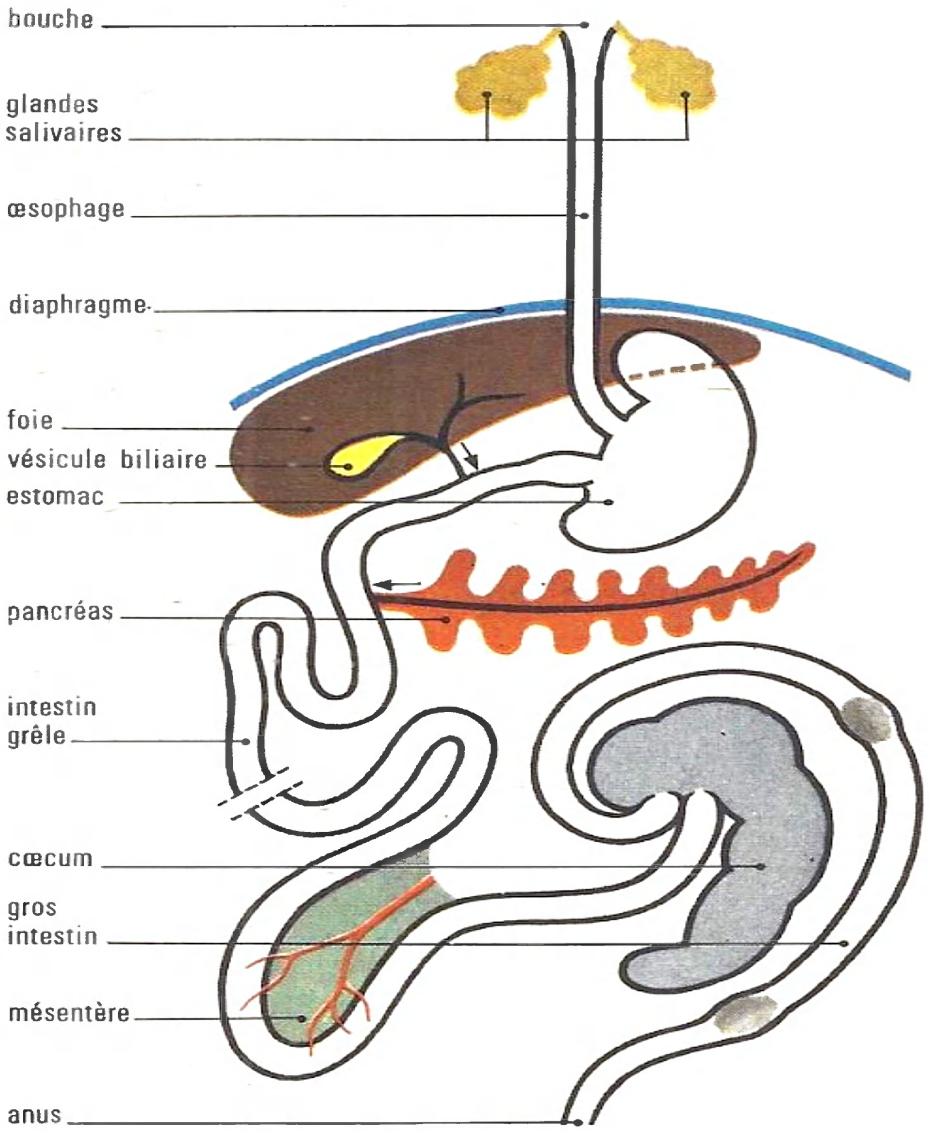


1 les organes dans la cavité thoracique de la souris

La cavité thoracique est limitée sur les côtés par 6 paires de côtes (12 chez nous).

Quels sont les organes qui constituent l'appareil respiratoire ?

Le thymus est une glande qui est toujours très développée chez un jeune animal.



2 l'appareil digestif de la souris

Distinguez le tube digestif et les glandes digestives. Citez les organes qui constituent le tube digestif.

Où débouchent les glandes salivaires ? et le canal qui vient du pancréas ? Cette glande ne forme pas une masse compacte comme chez l'homme ; c'est pourquoi on dit que le pancréas de la souris est diffus.

Remarquez que le canal amenant la bile ne débouche pas au même endroit que celui venant du pancréas.

A l'endroit où l'intestin grêle vient déboucher dans le gros intestin, il existe un renflement, appelé cæcum, toujours très volumineux chez les rongeurs (souris, rat, lapin, cobaye...).

II Observations sur nous-même et l'« écorché »

La peau et le tissu sous-cutané constituent aussi l'enveloppe du corps humain. Cette enveloppe, qui peut glisser sur notre chair, n'a pas été représentée sur le modèle démontable appelé « écorché » de sorte que l'on aperçoit les muscles. Entre eux, on voit des vaisseaux sanguins, des nerfs et des os. Le tronc **3** est partagé aussi en travers par le diaphragme en deux cavités (lesquelles ?) qui renferment les mêmes organes que chez la souris ; cependant la forme des organes n'est pas toujours la même (indiquez deux exemples).

La dissection d'un petit Mammifère et les observations faites sur nous-même et sur l' « écorché » montrent que :
- le corps de la souris et le corps humain sont formés d'organes (peau, muscles, vaisseaux sanguins, os, cœur...) ;
- on retrouve les mêmes organes dans notre corps et dans celui de la souris, mais la forme des organes peut différer.

III La constitution des organes

la face interne de la joue

Quand on racle doucement avec l'ongle la face interne de la joue, que l'on délaie le produit obtenu dans une goutte d'eau mise sur une lame porte-objet, que l'on recouvre d'une lamelle couvre-objet, on réalise une préparation microscopique. Si on l'observe au microscope, on voit des cellules **4** : elles ont été arrachées à la muqueuse qui tapisse la face interne de la joue.
Ces cellules étaient disposées les unes à côté des autres comme les éléments d'une mosaïque ; l'ensemble constitue un épithélium. Comme il est formé de plusieurs couches les unes au-dessus des autres, on dit que c'est un épithélium stratifié.

Un tissu épithélial est formé de cellules juxtaposées. L'épithélium qui tapisse la face interne de la joue est constitué de couches de cellules : c'est un épithélium stratifié.

un cartilage

Sur une coupe faite dans le cartilage d'un os de veau **5**, on voit des cellules souvent groupées par deux. Autour d'elles, il existe une substance intercellulaire, résistante, de nature cartilagineuse. L'ensemble est ce qu'on appelle un tissu conjonctif.

Un tissu conjonctif est constitué de cellules séparées les unes des autres par une substance intercellulaire.

côté droit

trachée artère
poumons
aorte
artère pulmonaire
cœur
diaphragme
foie
estomac
pancréas
rate
intestin grêle
gros intestin
cœcum
appendice
vessie

a
b

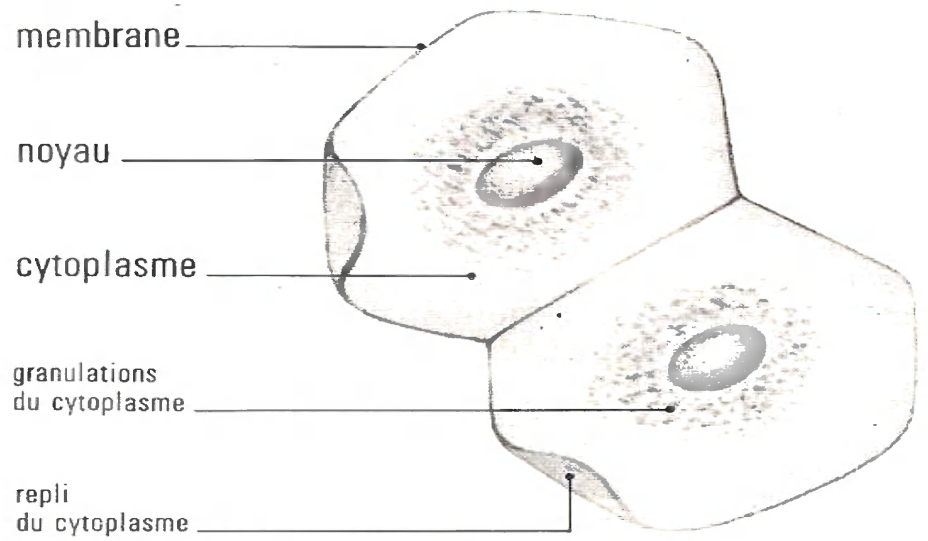
3 les organes du tronc de l'homme

Par quoi la cavité thoracique **a** est-elle séparée de la cavité abdominale **b** ?

Quels sont les organes situés dans la cavité thoracique ? et dans la cavité abdominale ?

Combien de parties distinguez-vous dans le cœur ? lesquelles ? Quels sont les deux gros vaisseaux visibles à la partie supérieure du cœur ? Chez la souris, ces vaisseaux étaient masqués par le thymus.

Remarquez que le cæcum est très court; mais il est prolongé par un tube grêle : c'est l'appendice.



4 cellules de l'épithélium buccal

Que doit-on faire pour les observer ?

Dans chacune de ces cellules distinguez : le cytoplasme, sorte de gelée limitée par une fine membrane, et le noyau cellulaire.

Si l'on met une goutte d'une solution de bleu de méthylène au bord de la lamelle, le noyau se colore.

la peau

Sur une préparation microscopique de peau, on voit :
— à la surface, une couche mince appelée épiderme;
— au-dessous, une couche épaisse nommée derme.

L'épiderme est formé de cellules juxtaposées et superposées : c'est donc un épithélium stratifié. En profondeur, les cellules sont épaisses : elles forment la couche vivante **6**; en surface, les cellules sont aplaties : elles constituent la couche cornée dont les cellules meurent et se détachent par lambeaux. L'épiderme conserve la même épaisseur, car, en profondeur, les cellules de la couche génératrice se divisent sans cesse.

Le derme est formé aussi de cellules; mais elles sont séparées les unes des autres : c'est donc un tissu conjonctif. Il contient des fibres élastiques.

Tous nos organes sont constitués de cellules, et l'on appelle tissu un ensemble de cellules qui jouent le même rôle. Ainsi la peau est formée de deux tissus : l'épiderme est un épithélium stratifié, le derme est un tissu conjonctif.

IV Le fonctionnement de nos organes

la notion d'appareils et de fonctions

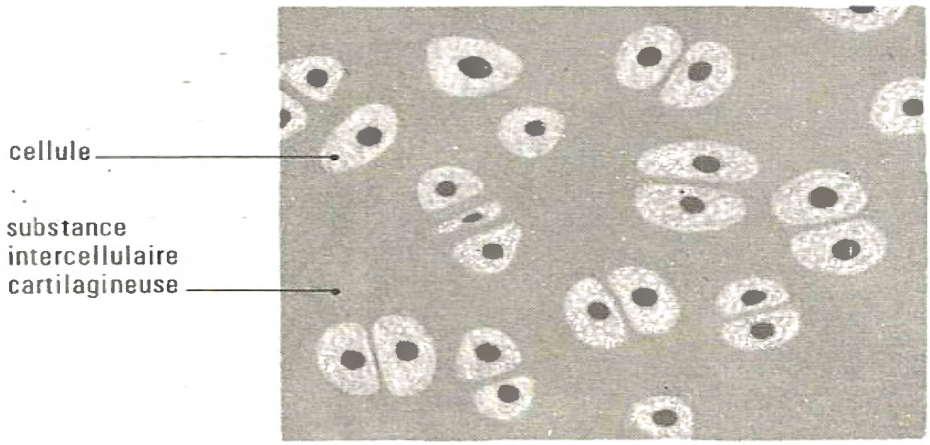
Les fosses nasales, le pharynx, la trachée-artère, les bronches et les deux poumons, qui assurent la respiration, appartiennent à l'appareil respiratoire.

Deux appareils mettent l'organisme en relation avec le milieu extérieur; ce sont :
— l'appareil nerveux, dit aussi système nerveux;
— l'appareil moteur comprenant le squelette et les muscles. Ces appareils assurent les fonctions de relation. D'autres appareils (digestif, circulatoire, respiratoire, urinaire) permettent l'entretien et la croissance de l'organisme, c'est-à-dire sa nutrition; ces appareils assurent les fonctions de nutrition.

L'étude du fonctionnement des organes du corps humain est la physiologie humaine; elle comporte l'étude des fonctions de relation et celle des fonctions de nutrition.

le rôle de l'hygiène

L'hygiène, science de la santé, a pour objet :
— de dégager les règles qu'il est bon de suivre pour assurer le bon fonctionnement de nos organes;
— de déterminer nos besoins alimentaires ;
— d'accroître la défense de notre organisme contre les microbes avec lesquels il entre en contact.
C'est grâce aux progrès faits par l'hygiène et la médecine que la durée moyenne de la vie a augmenté de plus de trente années en un siècle **7**.

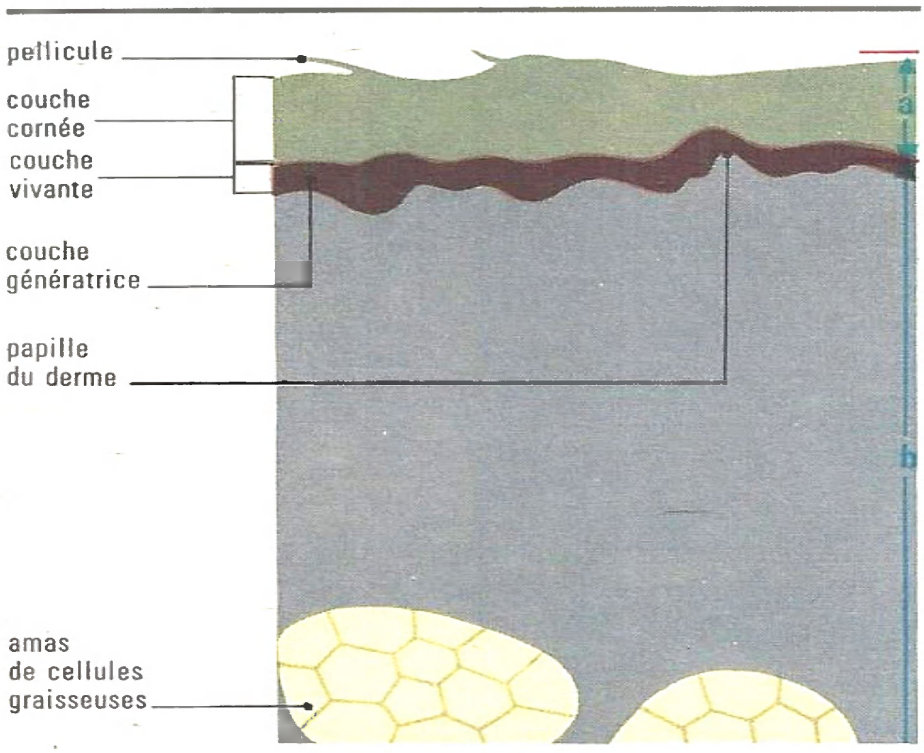


5 coupe de cartilage vue au microscope

Dans quelle partie d'un os existe-t-il du cartilage ?

Dans chaque cellule, que distinguez-vous ?

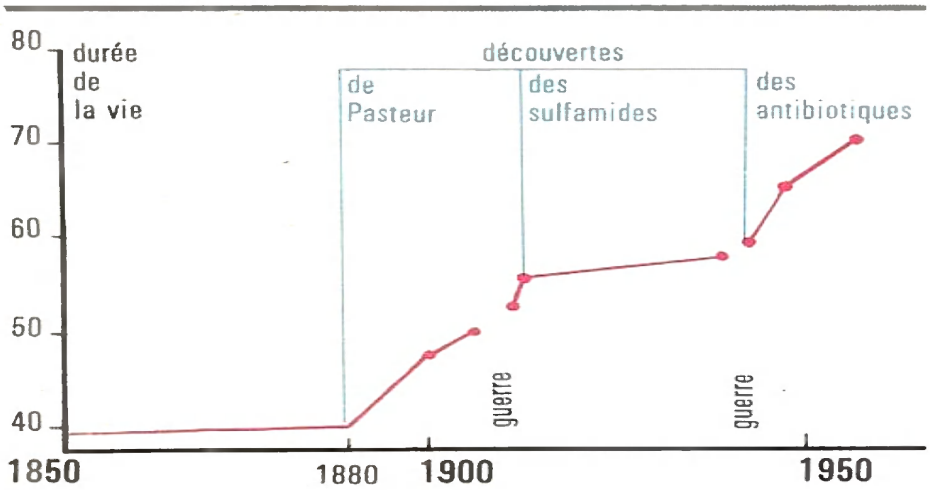
Par quoi les cellules sont-elles séparées ? Quel nom donne-t-on à un tissu qui possède une substance intercellulaire ?



6 schéma d'une coupe de peau

Les cellules de la couche génératrice, en se divisant, donnent des cellules nouvelles qui repoussent vers l'extérieur les plus anciennes. Celles-ci, vers la surface, meurent et forment la couche cornée. Comment nommez-vous les lambeaux qui se détachent ? De quoi sont-ils formés ?

La surface du derme forme des saillies contenant des capillaires sanguins. Que devient le sang dans ces capillaires ?

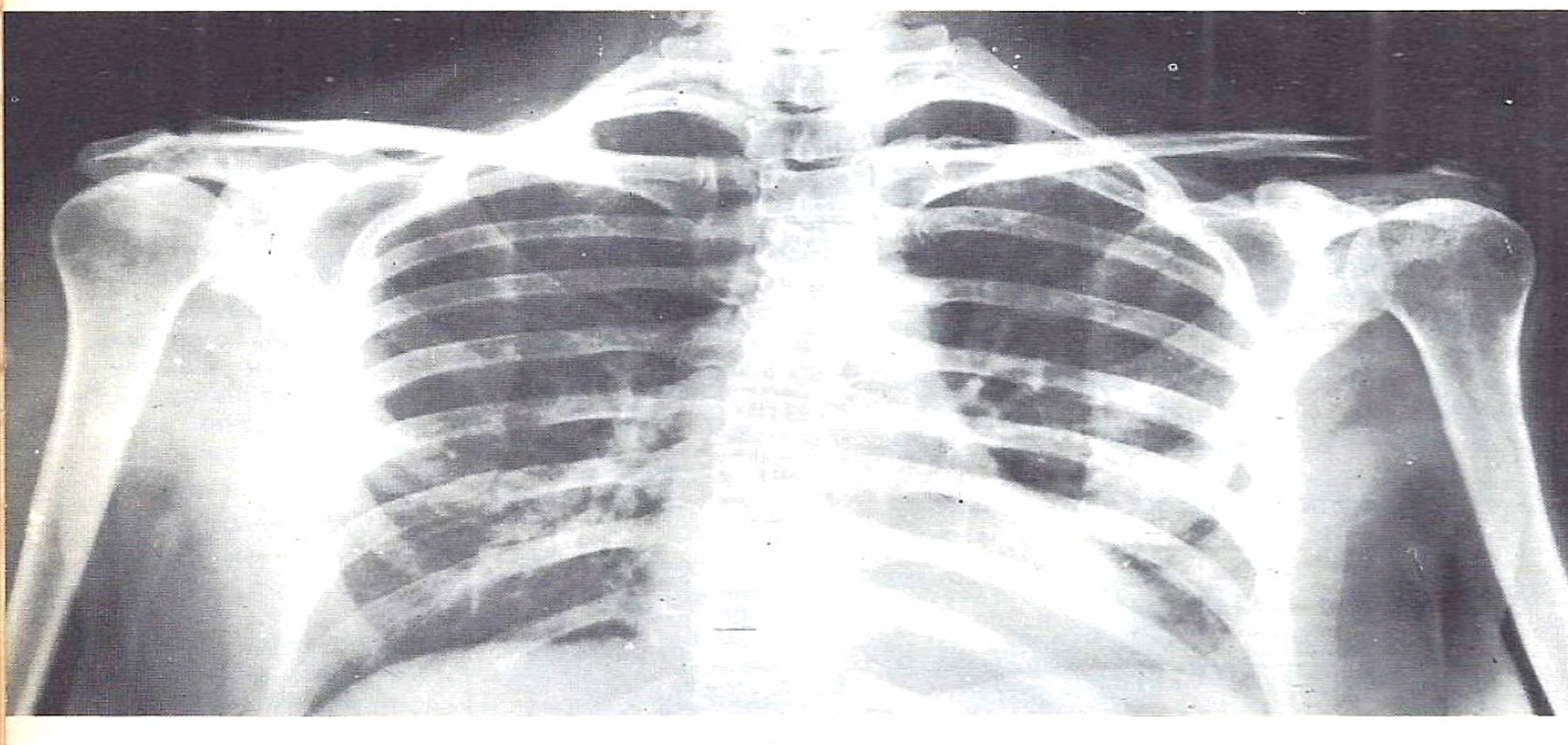


7 variations de la durée moyenne de la vie

Le recensement de 1959 a montré qu'elle atteignait 67 ans pour les hommes et 74 ans pour les femmes.

Quelles sont les grandes découvertes médicales qui ont augmenté la durée moyenne de la vie ?

1 le squelette



Le squelette est l'ensemble des os qui constitue la charpente de notre corps. Le poids du squelette est le huitième de celui du corps.

La description du squelette comporte l'étude :
— du squelette de la tête qui comprend le crâne, solide boîte osseuse abritant l'encéphale, et les os de la face;
— du squelette du tronc dans lequel on distingue la colonne vertébrale, les côtes et le sternum situé en avant du thorax;
— du squelette des membres qui comprend une partie fixe, appelée ceinture car elle est en forme d'arc, et une partie mobile.

Les os de notre squelette sont unis entre eux de différentes façons. On appelle articulation l'endroit où deux os se joignent; que ces os soient mobiles l'un par rapport à l'autre ou qu'ils soient immobiles (os du crâne).

A radiographie du thorax

La radiographie est un procédé qui permet d'obtenir une épreuve photographique par emploi des rayons X. Certains organes sont suffisamment opaques pour donner une image qui fait contraste avec celle des tissus voisins.

Ci-contre, distinguez les côtes, la clavicule, l'omoplate, l'humérus, et le contour du cœur et des gros vaisseaux qui s'y rattachent.

B radiographie de la colonne vertébrale

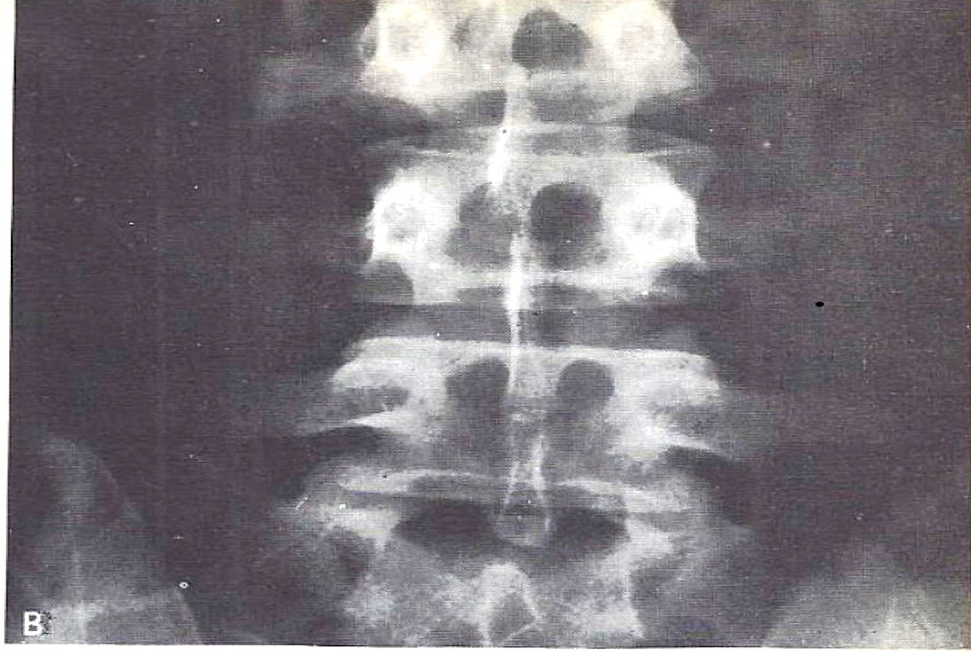
De quoi est constituée la colonne vertébrale ? Remarquez ci-dessus :
- les disques élastiques qui sont interposés entre les vertèbres ;
- les os du bassin en bas du cliché.

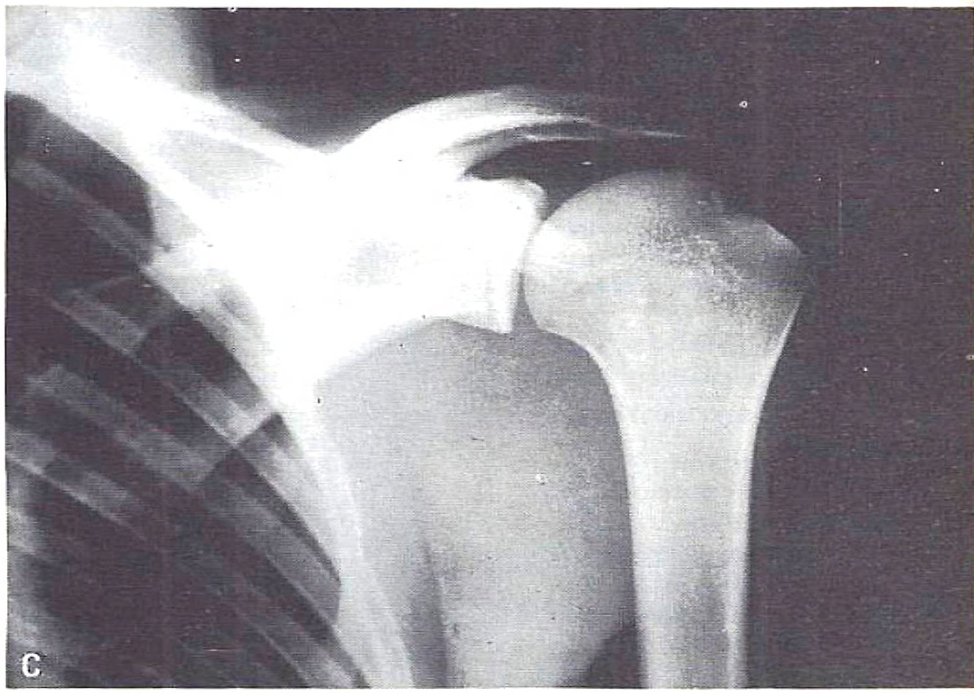
Précisez la partie de la colonne vertébrale qui est photographiée.

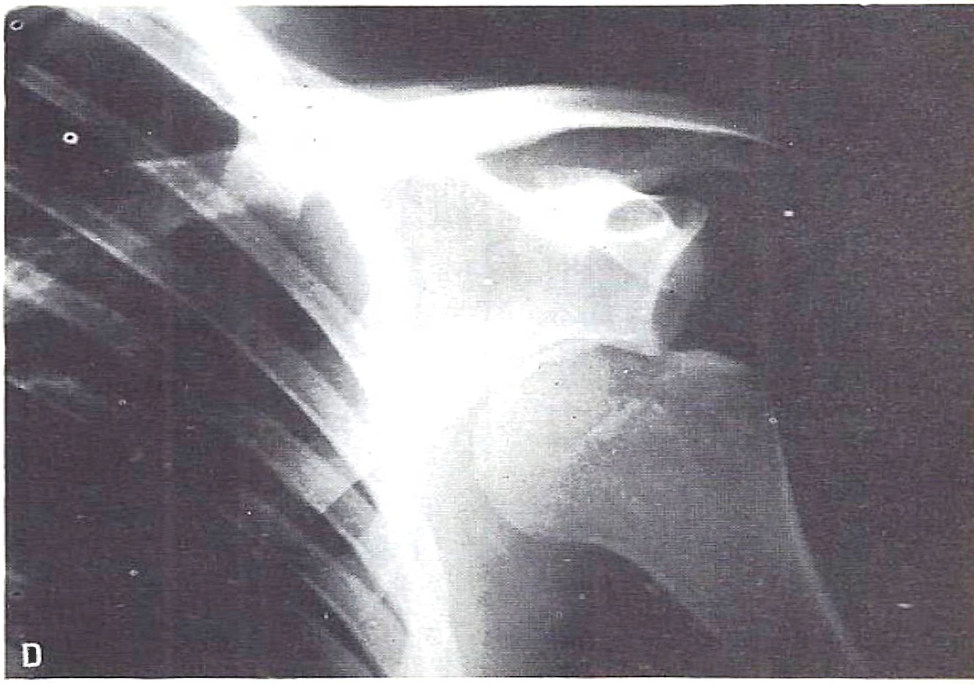
C D radiographie de l'épaule

C L'extrémité arrondie de l'humérus vient s'emboîter dans une cavité de l'omoplate.

D A la suite d'une chute, la tête de l'humérus est sortie de la cavité articulaire : il y a luxation. L'épaule est alors déformée. Seul un médecin peut réduire la luxation, c'est-à-dire remettre en place l'humérus. En attendant, il faut soutenir le bras et l'immobiliser à l'aide d'une grande écharpe.







étudiez le squelette du tronc

1 Combien de parties distinguez-vous dans la colonne vertébrale ? Montrez la région cervicale **a**, la région dorsale **b**, la région lombaire **c**, la région sacrée **d**, le coccyx **e**.

2 Les côtes sont-elles toutes réunies au sternum 4 ? Par l'intermédiaire de quoi certaines le sont-elles ?

3 Posez vos mains à plat sur votre poitrine et faites une inspiration ; comment les côtes se déplacent-elles ?

observez la partie fixe des membres

1 Recherchez l'omoplate 3, la clavicule 2.

2 Sur quoi sont soudés les os iliaques 9 ?

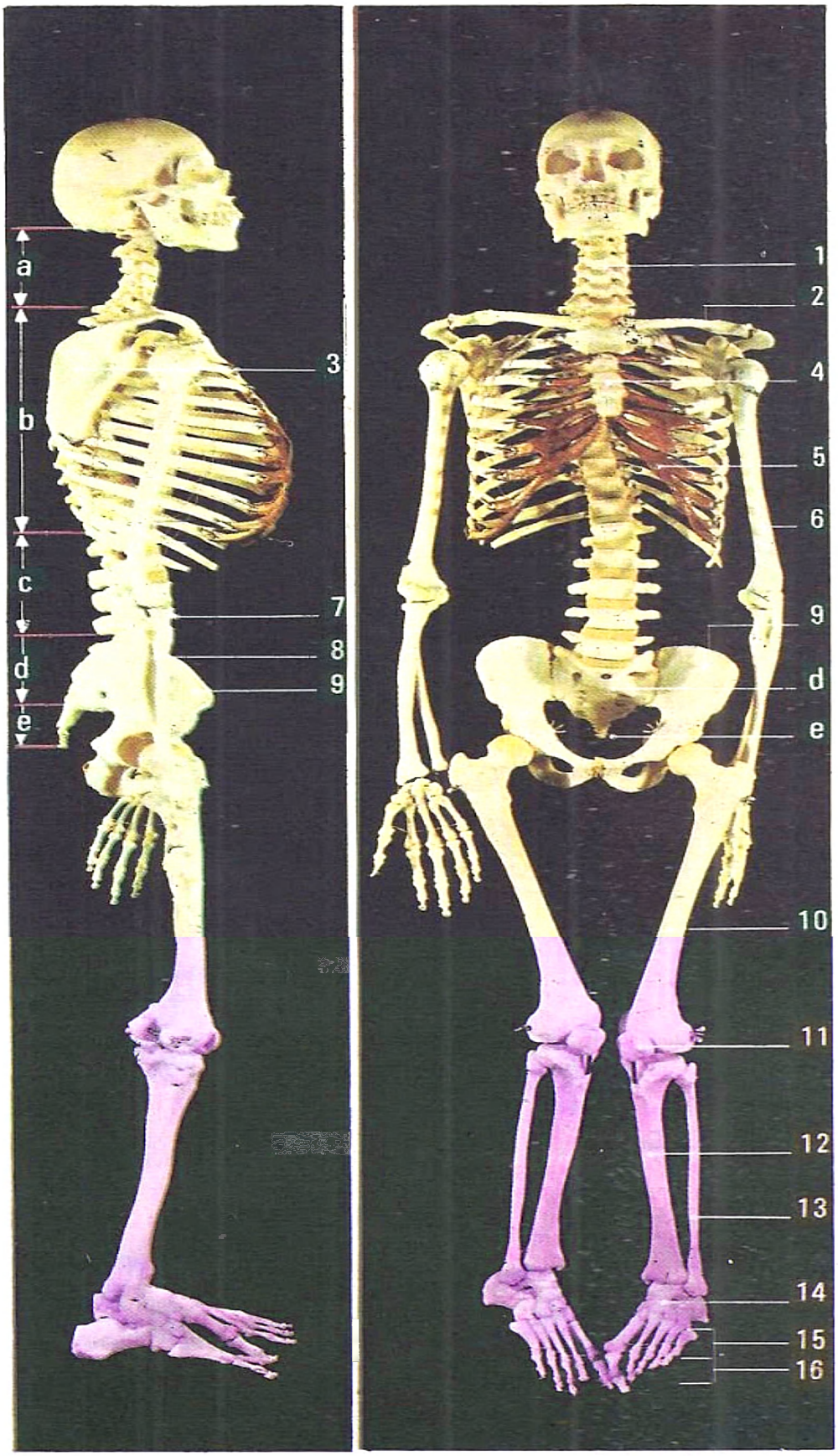
3 Pourquoi dit-on que la partie fixe des membres forme une ceinture ? Les deux ceintures sont-elles comparables ? Justifiez votre réponse.

étudiez la partie mobile des membres

1 Combien y a-t-il de segments dans chacun de nos membres ? Indiquez leur nom.

2 Comparez la constitution du squelette de chacun des segments de nos deux membres. Que remarquez-vous ?

3 Quelle légende indiqueriez-vous ci-contre ? Faites deux schémas du squelette des membres de l'homme. Annotez vos schémas.



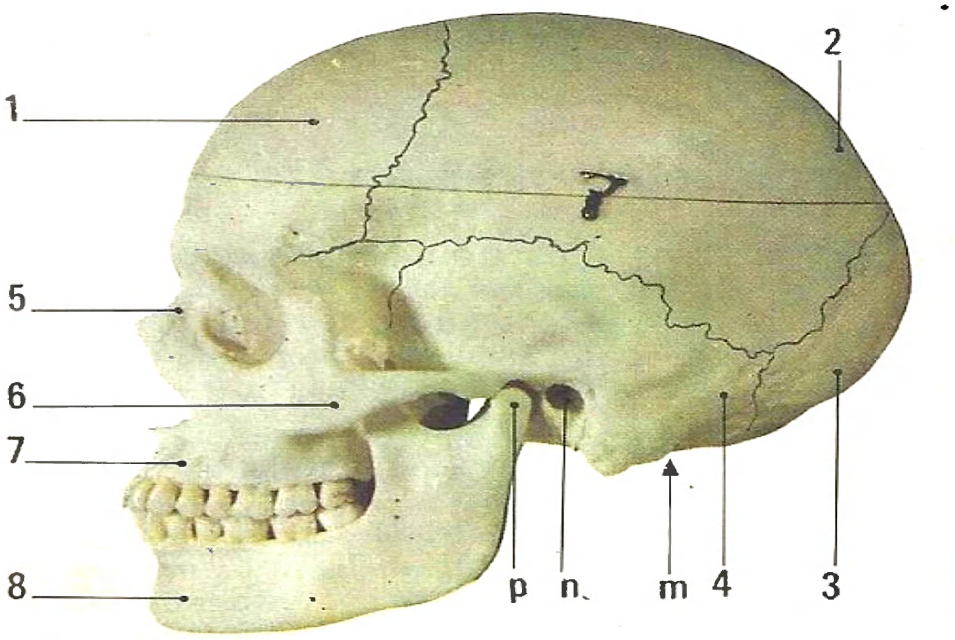
observez le squelette de la tête

1 Comment les os du crâne sont-ils unis ?

2 Sachez reconnaître l'os frontal 1, le pariétal 2, l'occipital 3, le temporal 4, le nasal 5, l'arcade de la joue 6 et le maxillaire supérieur 7.

3 Observez le trou occipital **m** : que passait-il par ce trou ?

4 Regardez l'une des branches montantes du maxillaire inférieur 8. Où se loge le condyle **p** ?

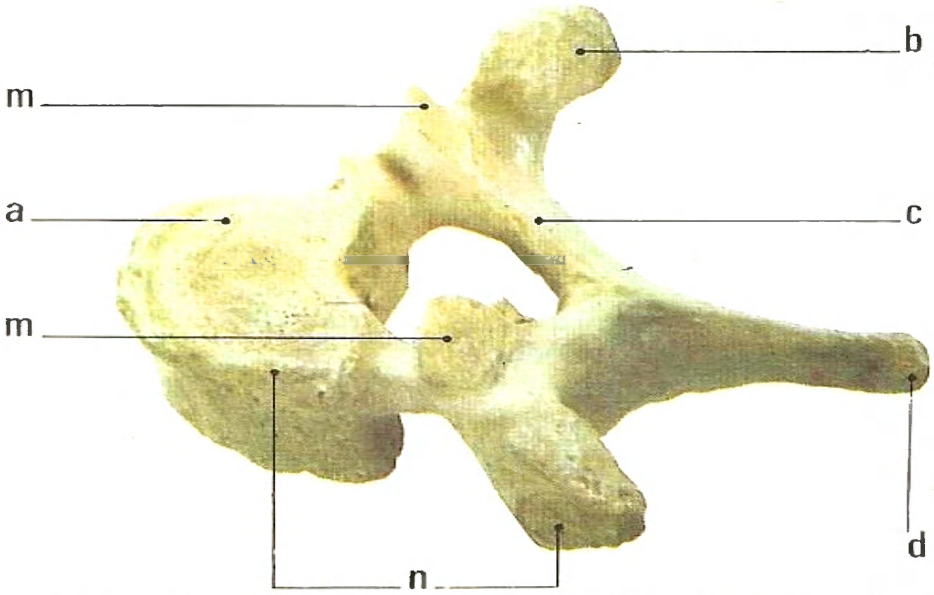


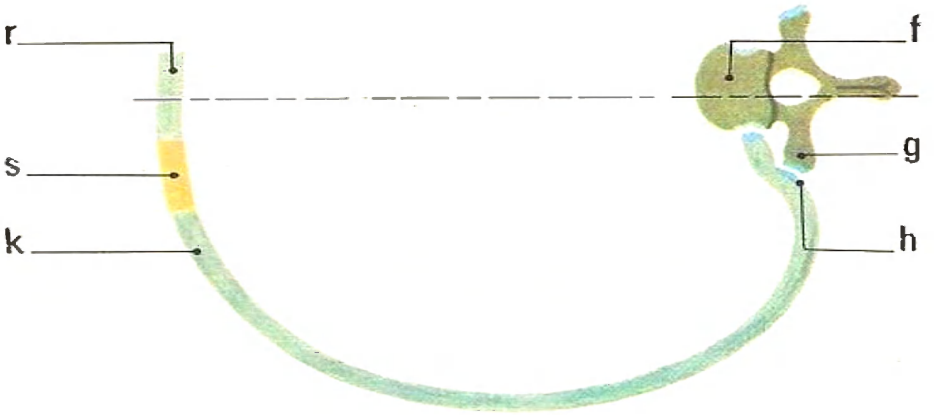
observez une vertèbre dorsale

1 Distinguez le corps de la vertèbre **a** et l'arc osseux **c**.

2 Les corps vertébraux reposent-ils directement les uns sur les autres ? Remarquez les facettes **m** sur lesquelles s'appuyait la vertèbre située dessus.

3 L'arc osseux porte trois prolongements appelés apophyses. Qu'existe-t-il à l'extrémité des apophyses latérales **b** ? Qu'est-ce qui s'articulait là ? Dessinez une vertèbre dorsale vue par-dessus et écrivez la légende indiquée ci-dessus. Coloriez en rouge les facettes d'articulation des vertèbres et en bleu les surfaces sur lesquelles s'articulaient les côtes. Reproduisez le schéma ci-contre et dessinez l'autre côté. Indiquez la légende convenable.





I Le squelette de la tête

le crâne

Il est formé de huit os (citez-les). On remarque, sur les côtés, les trous auditifs et, à la face inférieure **1**, le trou occipital par lequel passait le bulbe rachidien qui unissait les autres parties de l'encéphale à la moelle épinière.

la face

Elle comprend de nombreux os ; citons notamment :
— les deux maxillaires supérieurs, soudés sur la ligne médiane, qui portent les « dents du haut » ;
— le maxillaire inférieur qui porte les « dents du bas ». C'est le seul os mobile de la face ;
— les os des pommettes qui forment, de chaque côté, une arcade sur laquelle s'attachait le masséter qui reliait la mâchoire inférieure au crâne.

Le squelette de la tête comprend le crâne constitué de huit os, solidement unis entre eux, et la face formée de nombreux os dont un seul, le maxillaire inférieur, est mobile.

II Le squelette du tronc

la colonne vertébrale

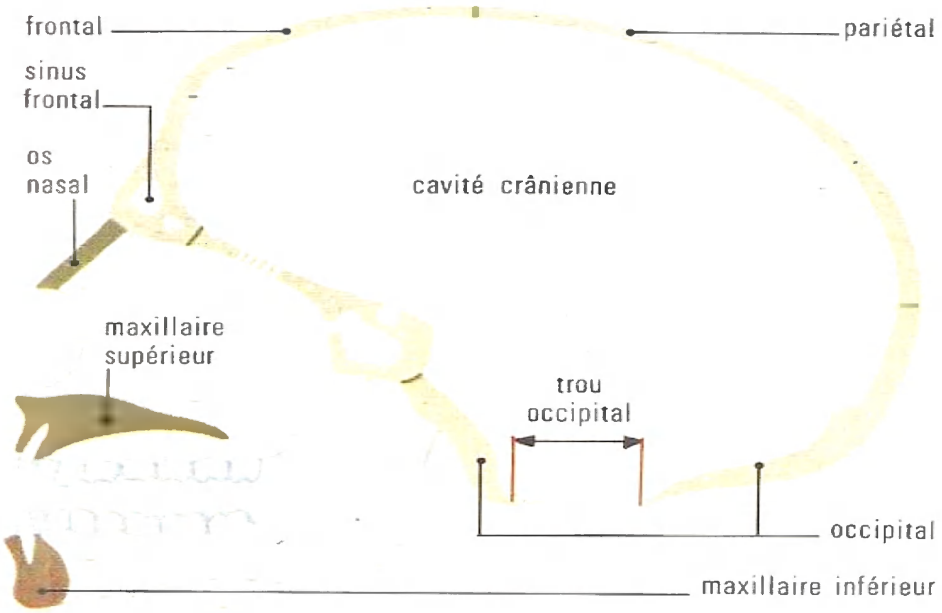
Elle est formée de vertèbres superposées. Sur la première repose le crâne. Entre deux vertèbres successives se trouve un disque élastique **2** B qui permet les mouvements du tronc.
Dans la colonne vertébrale, on distingue cinq régions : région cervicale (7 vertèbres), région dorsale 12 vertèbres), région lombaire (5 vertèbres), région sacrée (5 vertèbres soudées formant le sacrum) et le coccyx constitué de 4 vertèbres atrophiées et soudées. En tout, il y a donc 33 vertèbres.

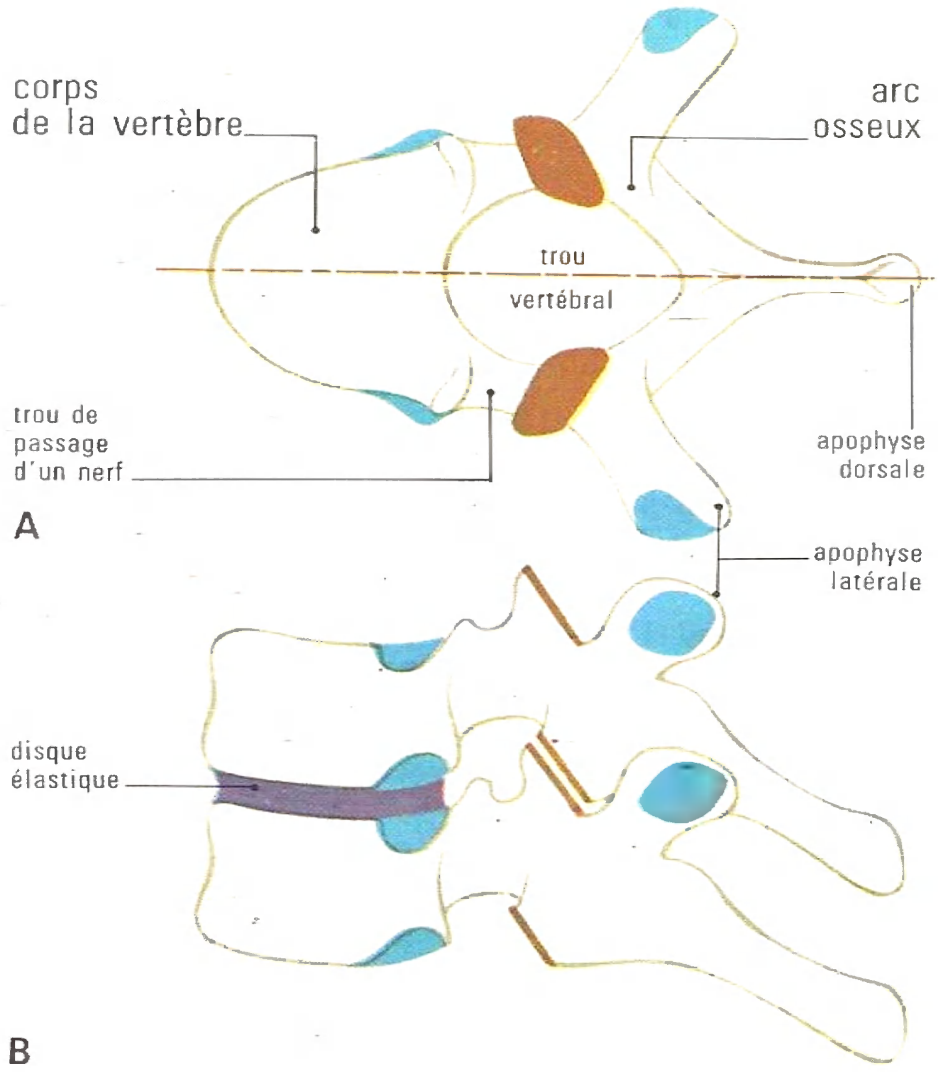
Chacune des vertèbres comprend un disque (le corps vertébral) et un arc osseux qui abritait la moelle épinière.

les côtes et le sternum

Sur chacune des douze vertèbres dorsales s'articule une paire de côtes. Les dix premières paires sont réunies, par l'intermédiaire de cartilages, à un os, le sternum, situé sur la face antérieure (page 17). Les deux dernières paires, plus courtes, ne se rattachent pas au sternum : ce sont les côtes flottantes.

Le sternum, les douze paires de côtes et les vertèbres dorsales limitent une sorte de cage appelée cage thoracique.





1 coupe du squelette de la tête

Quelles sont les deux parties du squelette de la tête ?

Le crâne est formé de :

- 4 os impairs : le frontal en avant, l'occipital en arrière, et deux os à la partie inférieure du crâne;
- 4 os pairs : 2 pariétaux et 2 temporaux.

Le maxillaire inférieur possède deux condyles; chacun d'eux s'emboîte dans une fossette située sous le crâne.

2 vertèbres dorsales

A Chaque vertèbre comprend un disque épais, appelé corps vertébral, et un arc osseux limitant le trou vertébral. Qu'est-ce qui s'y trouvait ? L'arc osseux porte 3 saillies ou apophyses :
— l'une dorsale forme l'épine dorsale; les deux autres latérales sont plus ou moins longues selon le type de vertèbre.

B Deux vertèbres superposées. Par quoi sont-elles séparées ? L'extrémité d'une côte présente deux renflements du côté dorsal :
— l'un, terminal, s'appuie sur les surfaces articulaires situées sur deux corps vertébraux consécutifs;
— l'autre, dorsal, s'articule sur le bout de l'apophyse latérale.

surfaces articulaires
des côtes
des vertèbres

III Le squelette des membres

leur partie fixe

Pour le membre supérieur, chaque demi-ceinture ou épaule comprend, en arrière, une lame plate, l'omoplate et, en avant, un os recourbé en S, la clavicule **3**. Celle-ci est fixée, à l'une de ses extrémités, sur l'omoplate et, à l'autre, sur le sternum. Les clavicules maintiennent l'écartement entre les deux épaules.

Pour le membre inférieur, chaque demi-ceinture est formée par un os volumineux, l'os iliaque **4**. Les deux os iliaques sont réunis en avant, l'un à l'autre, par un disque élastique et, en arrière, ils sont soudés au sacrum. L'ensemble forme une véritable ceinture appelée bassin.

Chacun de nos membres est réuni au tronc par une demi-ceinture. La ceinture des membres supérieurs est incomplète du côté dorsal ; celle des membres inférieurs forme une cuvette, le bassin, qui soutient les organes abdominaux.

leur partie mobile

Elle est formée de trois segments comprenant chacun le même nombre d'os ; toutefois, le carpe contient 8 os et le tarse 7 os seulement. En outre :
— les mouvements de l'avant-bras et ceux de la jambe ne se font pas dans le même sens ;
— les mouvements de la main et ceux du pied ne sont pas comparables : le membre supérieur est préhensile alors que le membre inférieur, adapté à la marche, repose sur la plante du pied; c'est pourquoi on dit que l'homme est plantigrade.

La partie mobile des membres est formée de trois segments comprenant le même nombre d'os. Le membre supérieur est préhensile et le membre inférieur est adapté à la marche.

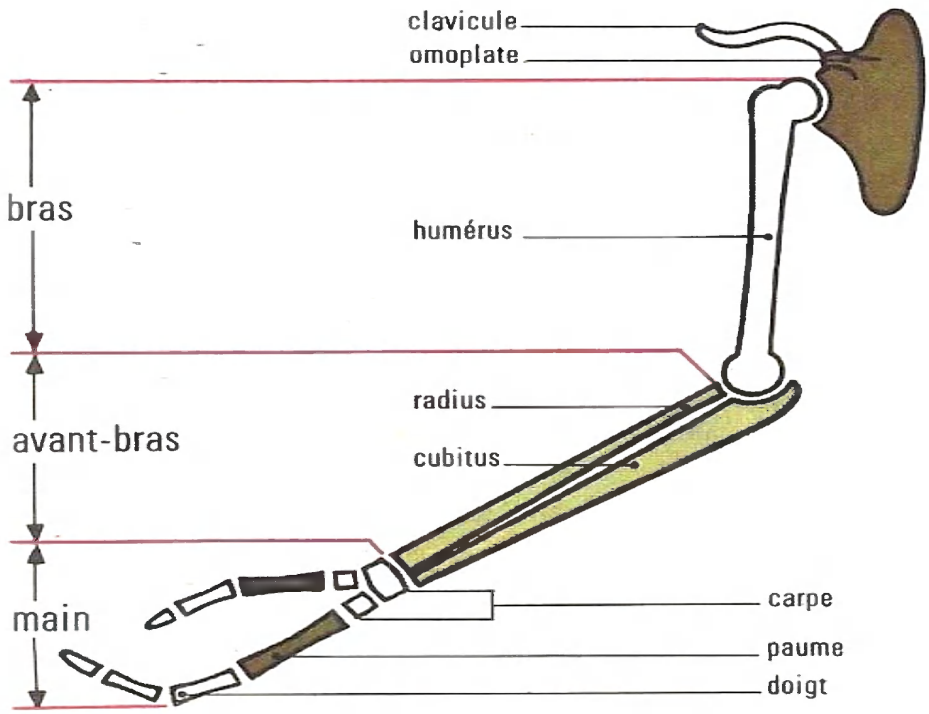
IV Les articulations

les trois types

On appelle articulation immobile le mode d'union de deux os qui ne peuvent pas se déplacer l'un part rapport à l'autre. Ainsi la boîte crânienne est formée d'os solidement engrenés par leurs bords.

Les vertèbres sont séparées par des disques élastiques permettant des mouvements de faible amplitude. A ce mode d'union des os on donne le nom d'articulation semi-mobile.

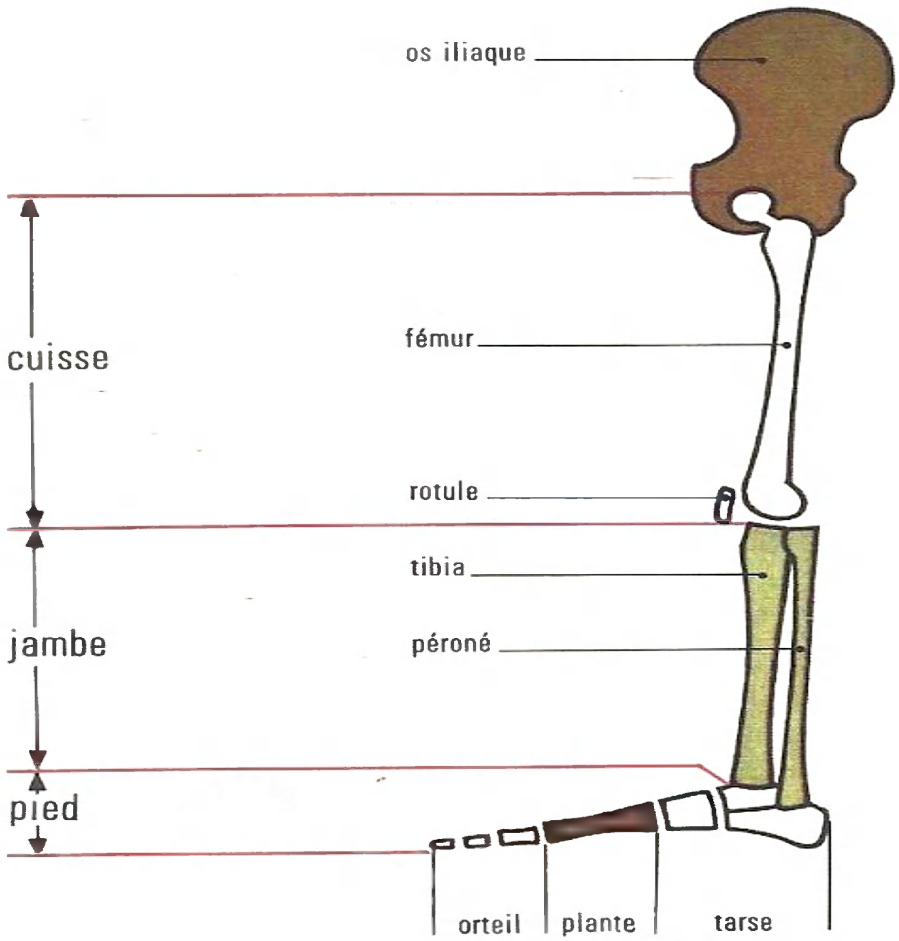
Lorsqu'une articulation assure d'importants déplacements des os en présence, c'est une articulation mobile ; citons : l'épaule, le coude, le genou...



3 le squelette du membre supérieur

Que comprend la demi-ceinture qui rattache ce membre au tronc ?

- Le bras est soutenu par l'humérus articulé sur l'omoplate.
- L'avant-bras comprend deux os. Quel est celui qui s'articule avec l'humérus ?
- La main comprend :
— le carpe (huit os);
— la paume constituée de cinq os longs;
— les doigts comprenant chacun trois phalanges, sauf le pouce qui n'en a que deux. Le pouce est opposable aux autres doigts.

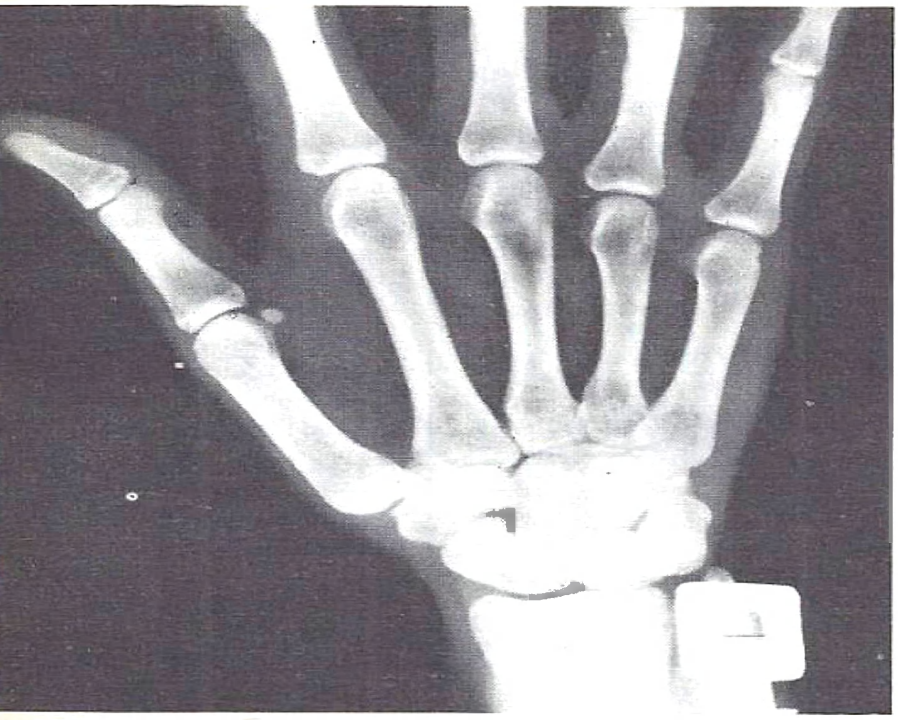


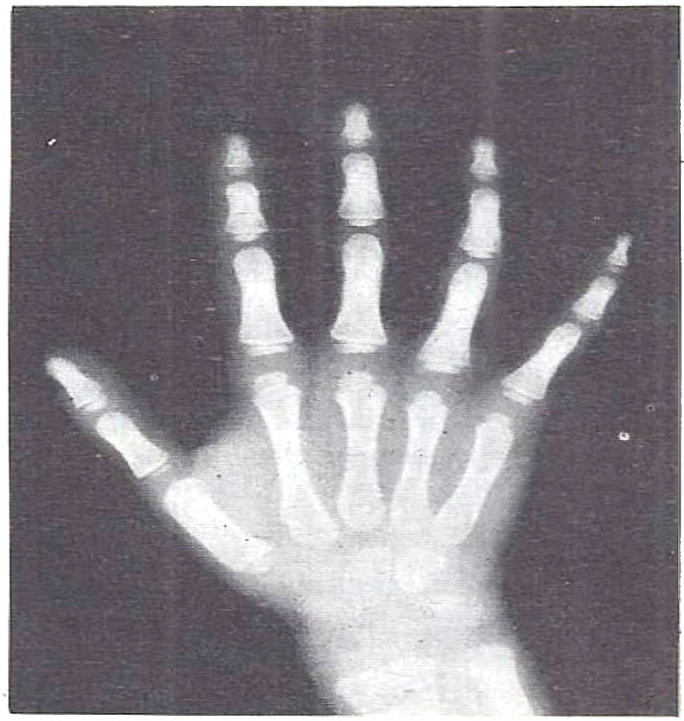
4 le squelette du membre inférieur

Pourquoi dit-on que la ceinture des membres inférieurs est complète ? Quels sont les trois segments constituant la partie mobile d'un membre inférieur ?

- La cuisse : par quel os est-elle soutenue ?
- La jambe contient deux os (lesquels ?). Quel est celui qui est situé vers l'extérieur du membre ? Quel est celui qui s'articule avec le fémur ? Pourquoi le membre inférieur ne peut-il pas se plier vers l'avant ?
- Le pied comprend :
— le tarse ou cou-de-pied formé de sept os;
— la plante constituée de cinq os longs;
— les orteils qui ont le même nombre de phalanges que les doigts.

2 les os





L'étude du squelette nous a montré que, d'après la forme des os, on pouvait distinguer :
— des os plats : os du crâne, os de la face, os iliaque, omoplate... ;
— des os courts : os du poignet, vertèbres... ;
— des os longs : humérus, fémur, radius...

L'observation de radiographies faites les unes sur des enfants ou des adolescents, les autres sur des adultes permet d'avoir une idée de la formation et de la croissance des os ; mais c'est surtout la comparaison d'os de mammifères jeunes et adultes qui renseigne sur le mode de croissance des os longs.

L'examen de radiographies montre aussi ce qu'est une fracture osseuse et ce qui se produit lors de la consolidation d'une fracture.

A radiographies de mains

A gauche, c'est une main d'adulte. Indiquez les noms des os.

A droite, c'est la main d'un enfant de 5 ans : les os du carpe sont-ils tous formés ? Regardez les os de la paume et des phalanges : leur tête n'est pas bien visible, car elle est cartilagineuse; pourtant on y voit une partie ossifiée : c'est un centre d'ossification. Ainsi la radiographie permet de suivre les diverses étapes de la formation des os, c'est-à-dire l'ossification.

B radiographie d'une épaule d'enfant

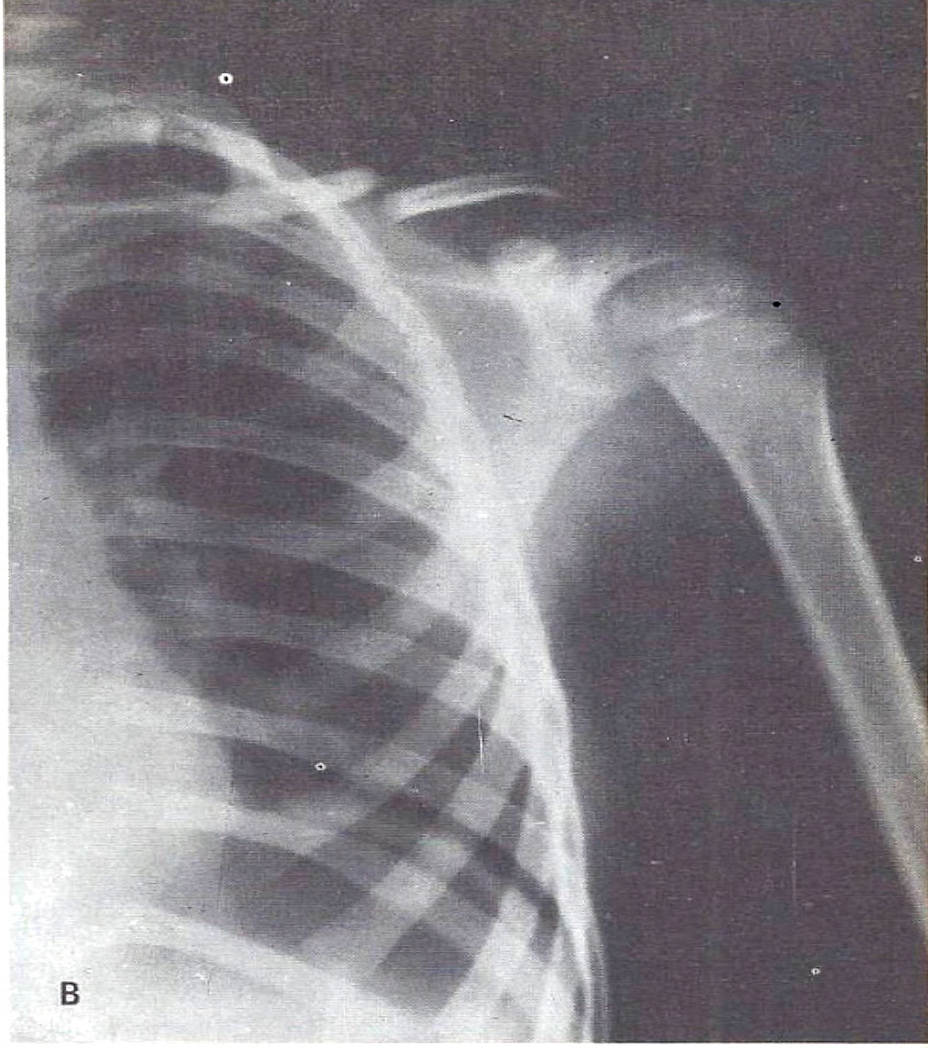
Pourquoi a-t-on réalisé cette radiographie ? Regardez l'humérus : qu'existe-t-il à l'intérieur de la partie cylindrique de l'os ? et dans la tête de cet os ?

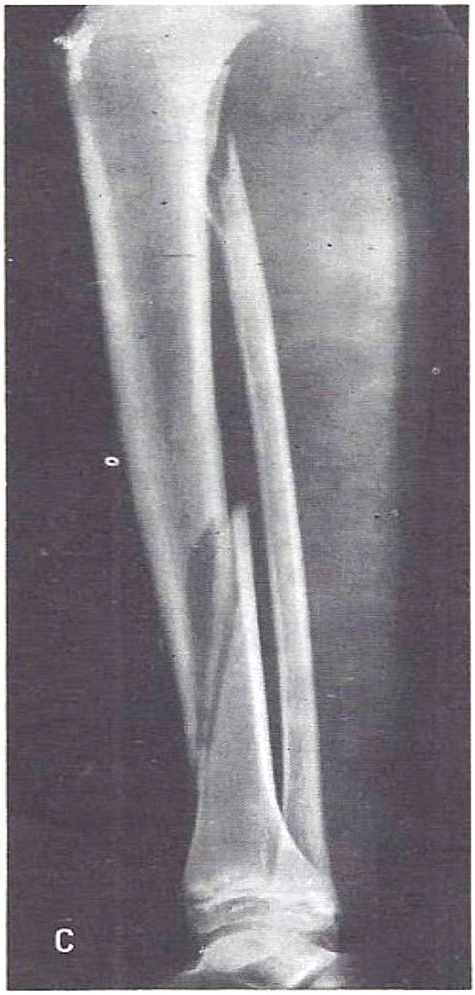
C fracture double

C Quelle est la partie du membre inférieur qui a été radiographiée ? Quels sont les os qui sont brisés ?

Après examen de la radiographie, le médecin doit ramener les morceaux bout à bout, c'est-à-dire réduire les fractures avant d'immobiliser les os par un appareil plâtré.

C' Remarquez le bourrelet osseux, appelé cal, qui s'est formé au niveau des fractures. Ce cal, d'abord fibreux, se calcifie peu à peu et soude les parties brisées.





observez des os frais

1 Sur un humérus de bœuf **A**, distinguez le corps de l'os ou diaphyse **n** et les têtes ou épiphyses **m**.

2 De quoi sont recouvertes les épiphyses ?

3 Avec un scalpel, soulevez le périoste 2.

4 Sur la coupe d'un humérus de bœuf **B**, quelle légende indiqueriez-vous ?

5 Comparez cette coupe à celle d'un humérus de veau **D** : quelles sont les différences ?

Dessinez la coupe d'un humérus de bœuf et celle d'un os de veau. Annotez vos dessins.

observez la coupe d'un humérus humain

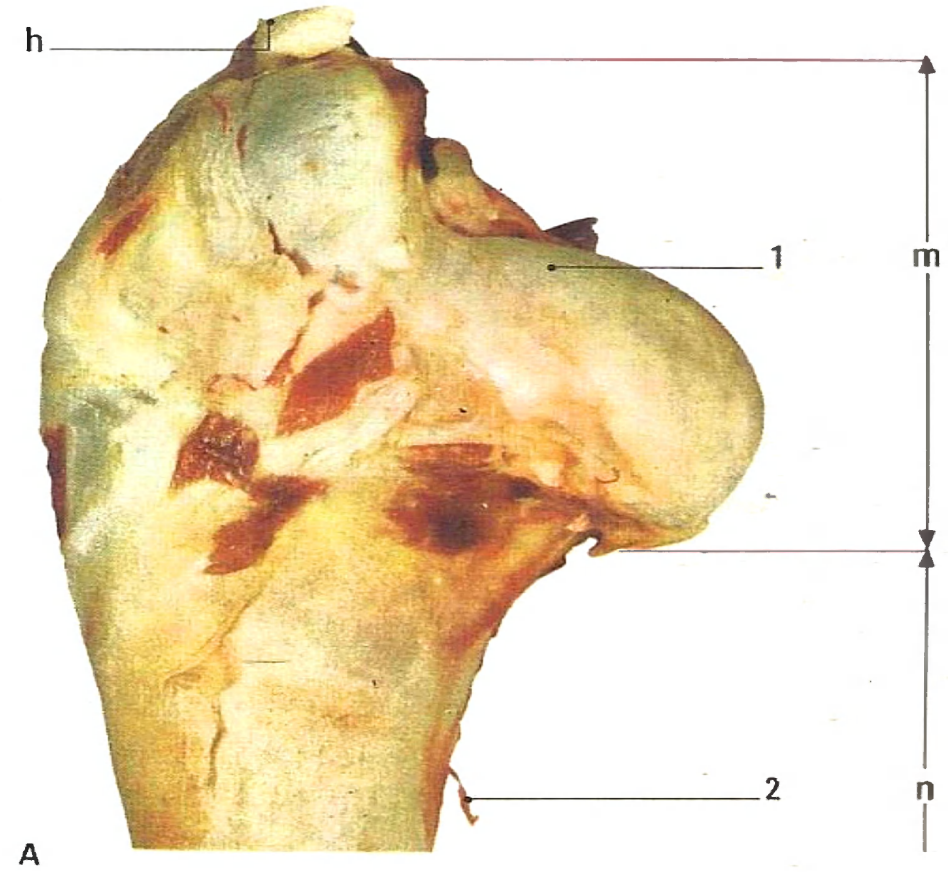
1 Sur l'os sec **C**, distinguez l'os compact 9 et l'os spongieux 7.

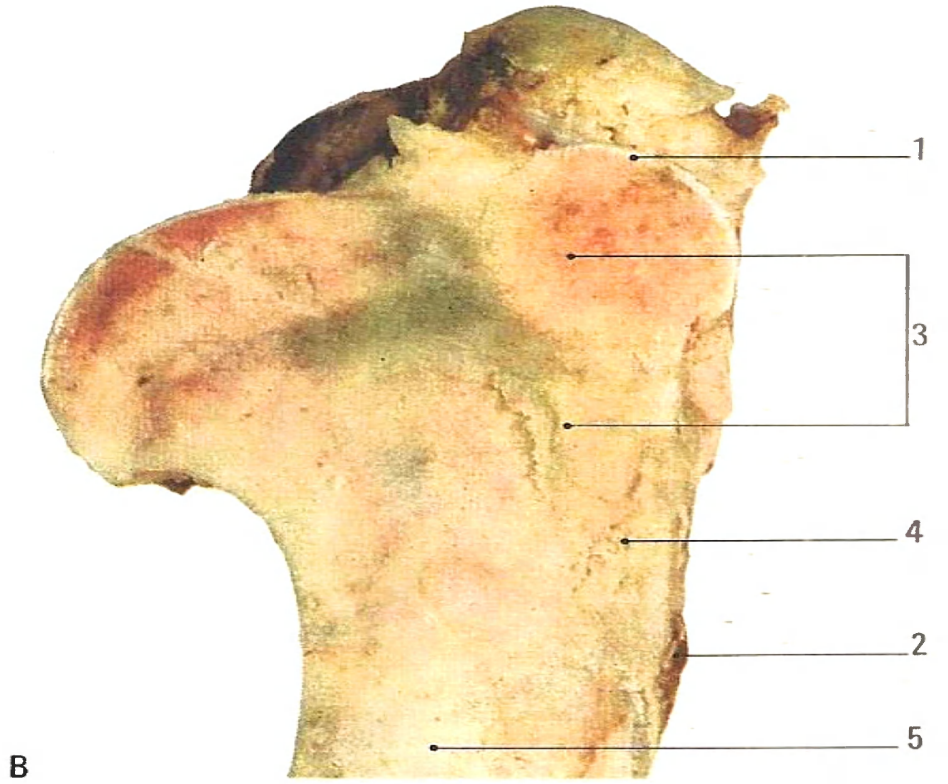
2 Qu'existait-il dans la cavité 10 ? et entre les travées osseuses de l'os spongieux 7 ?

observez deux préparations microscopiques

E C'est un fragment d'opercule de poisson (gardon, par exemple). Il faut le gratter pour l'amincir et enlever les pigments, mettre une goutte d'eau et recouvrir d'une lamelle. Au fort grossissement, distinguez les cellules osseuses **q** et la substance osseuse **p**.

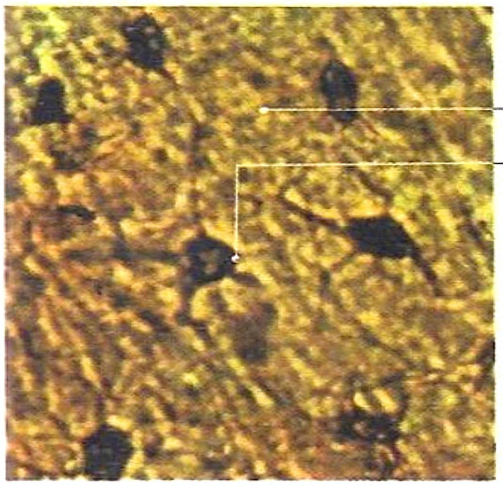
F C'est un fragment d'os compact que l'on a usé sur une meule. Autour des canaux **r**, que remarquez-vous ?



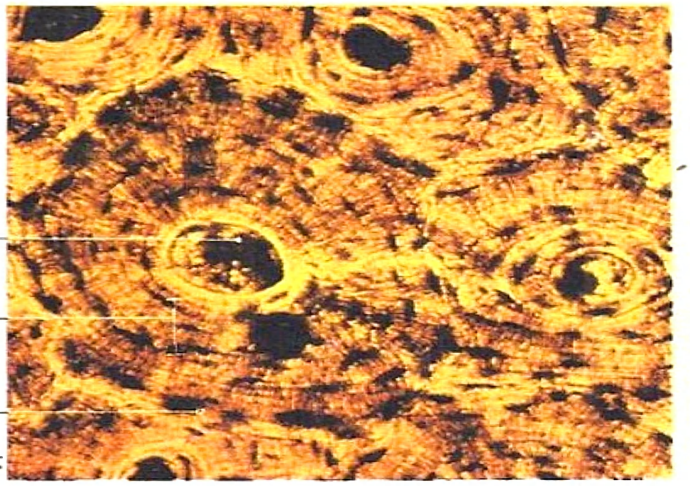


C

D



E



F

Forme et structure d'un os long

description de l'humérus

L'humérus humain **1** A présente une partie cylindrique, le corps de l'os ou diaphyse, et deux extrémités renflées, les têtes de l'os ou épiphyses. Sur l'os, on aperçoit des crêtes et des saillies ainsi que de petits trous, dits trous nourriciers, par où pénétraient des vaisseaux sanguins dans l'os.

L'humérus de bœuf **1** B, plus trapu que l'humérus humain, comporte aussi une diaphyse et deux épiphyses. Sur l'os frais, on constate que :
— les épiphyses sont recouvertes d'une substance lisse, blanc bleuté, nommée cartilage articulaire ;
— une membrane fibreuse, le périoste, adhère à l'os sauf là où il existe du cartilage articulaire ;
— des tendons sont encore attachés aux saillies de l'os : ce sont des attaches de muscles.

Dans un os long, par exemple un humérus, on distingue :
- le corps de l'os ou diaphyse;
- les têtes de l'os, ou épiphyses, qui sont recouvertes en partie par du cartilage articulaire.

Le périoste recouvre l'os, sauf là où il existe du cartilage.

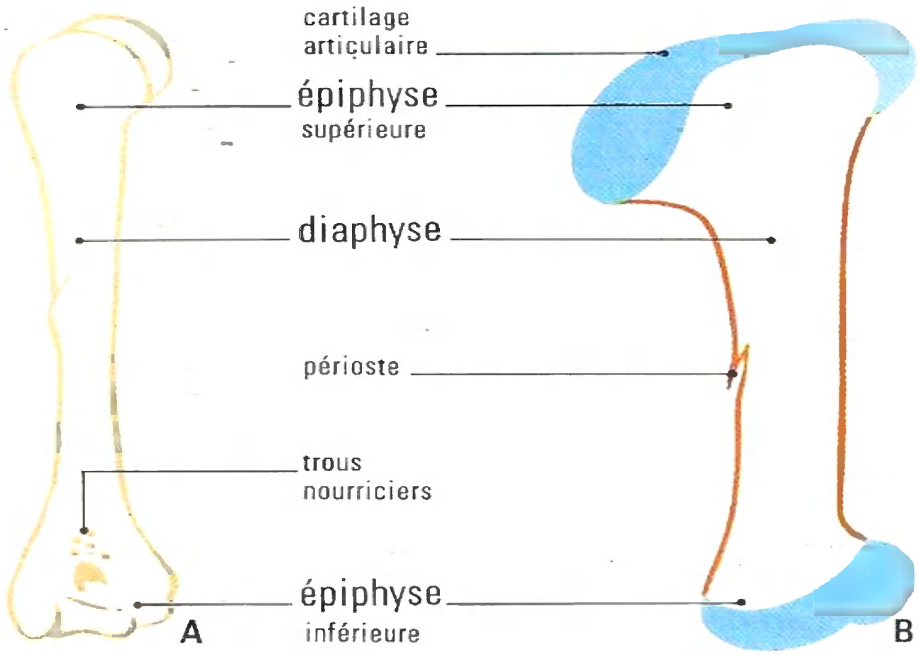
structure macroscopique

Par opposition à structure microscopique, il s'agit de ce qui est visible à l'œil nu ou à la loupe, c'est-à-dire sans utiliser le microscope.

Sur la coupe en long d'un humérus humain, sec, on observe que :
— la diaphyse est un tube formé d'os compact, blanc jaunâtre, très dur ;
— les épiphyses sont constituées de fines travées osseuses séparant des cavités ; c'est pourquoi on dit que les épiphyses sont formées d'os spongieux.

Sur la coupe en long d'un humérus de bœuf frais **2**, on constate en outre que :
— le cartilage articulaire est peu épais ;
— la cavité de la diaphyse contient de la moelle jaunâtre, riche en graisse ;
— les cavités de l'os spongieux sont remplies de moelle contenant de nombreux vaisseaux sanguins.

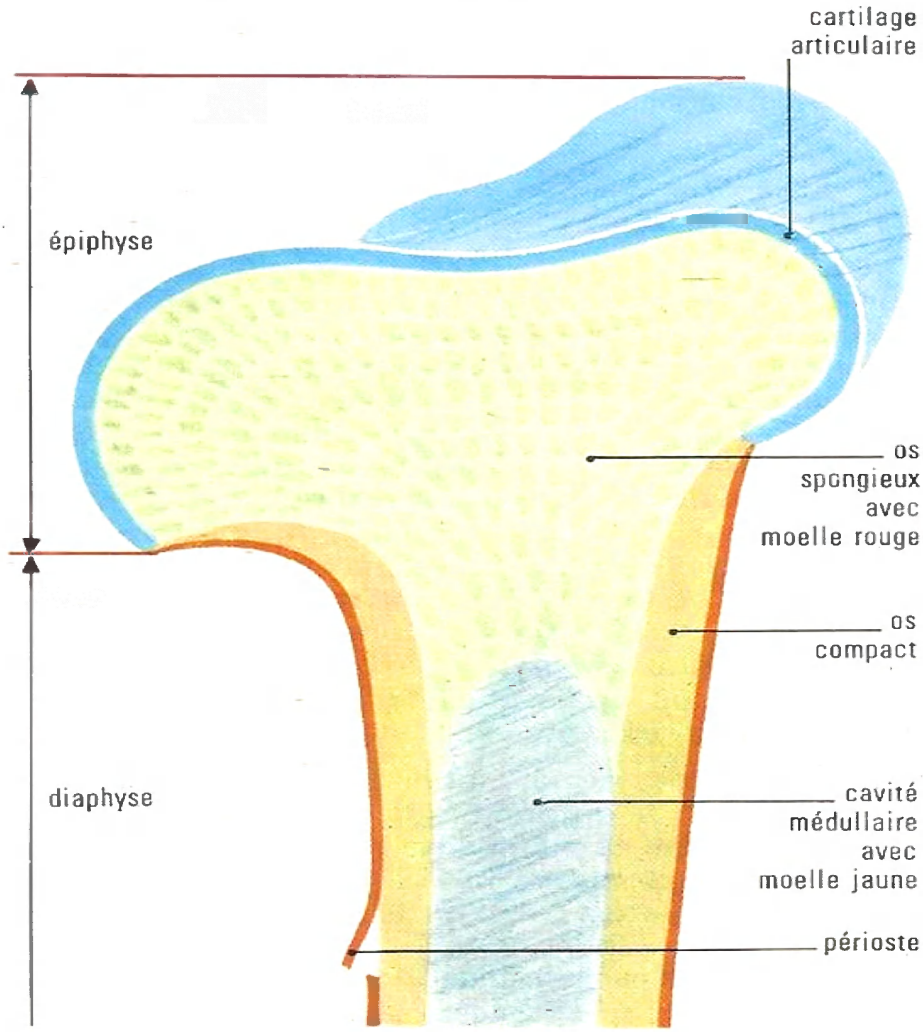
La diaphyse d'un os long est un tube formé d'os compact et contenant de la moelle jaunâtre, riche en graisse. Les épiphyses, recouvertes de cartilage articulaire, sont soutenues par des travées osseuses abritant de la moelle rouge.



1 comparaison de deux humérus

A Humérus humain observé sur un squelette.
B Humérus de bœuf (os frais).

Quelles sont les trois parties d'un os long ?
De quoi sont recouvertes les épiphyses d'un os frais ? et la diaphyse de cet os ?
Aux saillies de l'os, que s'attachait-il ? En voyez-vous la preuve sur la première photographie (page 24) ?



2 coupe en long d'un humérus de bœuf

Qu'existe-t-il dans chacune des épiphyses ?
Pourquoi compare-t-on la diaphyse à un tube ? Que contient-il ? Ce tube, comme le cadre d'une bicyclette, est léger tout en ayant une grande résistance.
Pourquoi appelle-t-on cartilage articulaire le cartilage qui recouvre les épiphyses ?
Comment nomme-t-on la substance qui remplit les cavités de l'os spongieux ? C'est dans cette substance que se forment les globules rouges du sang.
« L'os à moelle » d'un pot-au-feu est une partie de la diaphyse d'un os long de bœuf.

II Composition chimique de l'os

observations

Un os frais, mis dans un feu vif, brûle et se transforme en une masse blanchâtre, pulvérulente **3** A : ce qui reste est la matière minérale qui constituait l'os. Son poids est environ les 2/3 de celui de l'os. Quand le feu tire mal, l'os noircit **3** B : c'est qu'il renferme une matière organique qui se carbonise.

expérience

Quand on met un os long dans de l'acide chlorhydrique dilué, l'os se ramollit et, après quelques jours, devient flexible : l'acide a dissous la matière minérale de l'os et il ne reste plus que la matière organique nommée osséine : son poids ne représente que le tiers de celui de l'os frais.

Les chimistes ont montré que la matière minérale contient surtout du phosphate de calcium (85 %) et du carbonate de calcium (9 %). La matière minérale est apportée par les aliments.

La substance osseuse est formée d'une matière organique (l'osséine) représentant le tiers du poids de l'os frais et d'une matière minérale, composée surtout de phosphate de calcium et de carbonate de calcium, qui imprègne l'osséine.

III Croissance d'un os long

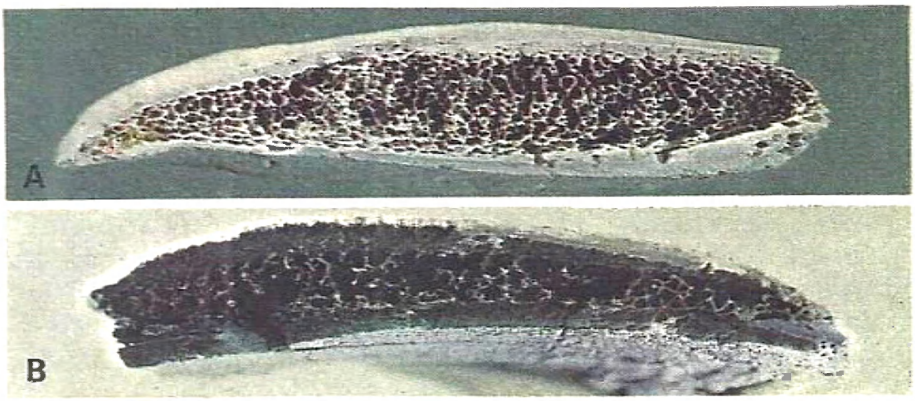
observations

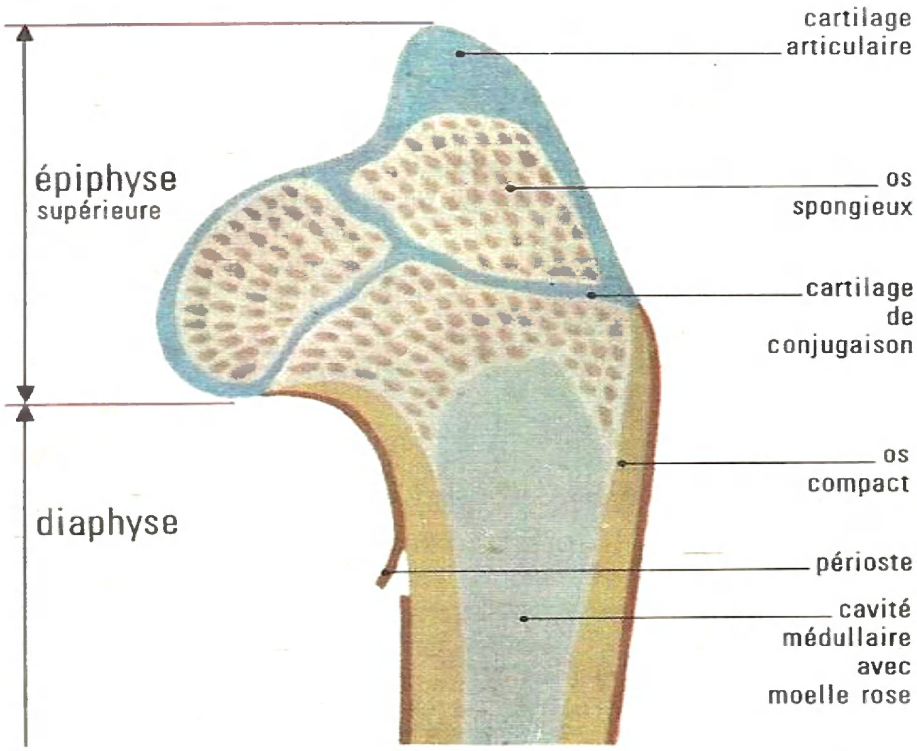
Si l'on compare la coupe d'un humérus de veau **4** à celle d'un humérus de bœuf **2**, on constate que :
— l'humérus de bœuf est plus long et plus gros que l'humérus d'un animal jeune de la même espèce ; ainsi un os long subit une croissance en longueur et une croissance en diamètre ou en épaisseur ;
— en travers de chacune des épiphyses d'un os de veau, il y a une lame blanche, le cartilage de conjugaison, qui n'existe pas dans un os de bœuf ;
— le diamètre de la cavité médullaire est plus grand dans l'humérus de l'animal adulte que dans celui de l'animal jeune de même espèce. Comme l'os compact est plus épais chez le premier que chez le second, l'os est plus résistant chez l'adulte.

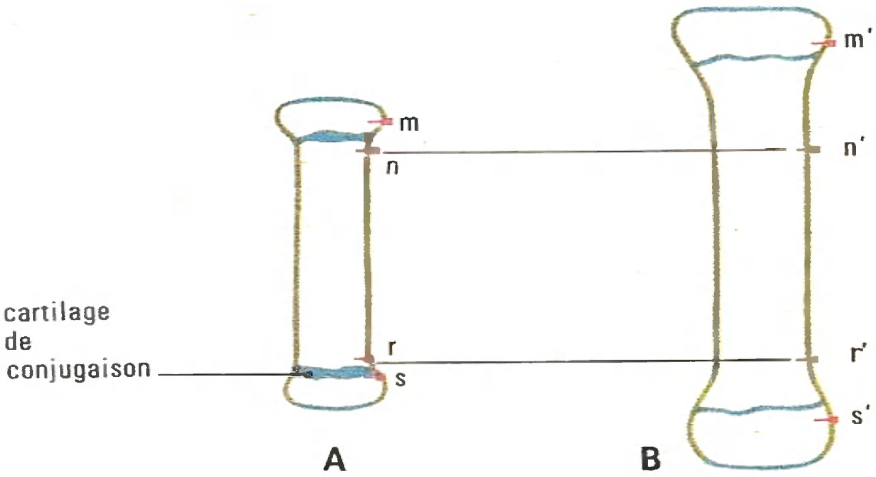
comment un os croît en longueur

Sur un animal jeune, anesthésié, c'est-à-dire « endormi », on a enfoncé des clous d'argent de part et d'autre des cartilages de conjugaison d'un os long **5** A. Après plusieurs mois, quand on a sacrifié l'animal, l'observation de l'os **5** B a montré que :

Un os long s'allonge par formation d'os au niveau des cartilages de conjugaison appelés aussi cartilages de croissance.







3 os calcinés

Ce sont des fragments d'une côte de bœuf que l'on a mis dans un poêle à charbon.

A L'os est bien calciné : que reste-t-il ?

B La matière organique contenue dans l'os s'est décomposée et le carbone, noir, est resté mélangé à la matière minérale.

4 coupe en long d'un humérus de veau

Qu'existe-t-il en travers de l'épiphyse ?

La bande de cartilage qui est située verticalement montre qu'il y avait deux centres d'ossification dans l'épiphyse supérieure d'un humérus de veau. Aux dépens de ces centres se forme de l'os spongieux qui se substitue peu à peu au cartilage qui constituait toute l'épiphyse chez une jeune bête.

Chez un veau un peu plus âgé, la bande verticale de cartilage n'existerait plus.

Lorsque le cartilage de conjugaison disparaît, l'os ne peut plus s'accroître en longueur.

5 expérience faite sur un os long ?

A Qu'a-t-on fait ?

B Après plusieurs mois, on constate que :

- $n' r' = n r$;
- $m' n' > m n$.

Cette expérience prouve qu'il y a formation de matière osseuse au contact des cartilages de conjugaison et de l'os de la diaphyse.

comment un os croît en diamètre

En 1741, un agronome, Duhamel-Dumonceau, mélangeait une substance rouge (la garance) aux aliments de jeunes porcs. Quelques mois après, quand les animaux furent abattus, il s'aperçut que les os étaient colorés en rouge sous le périoste. Il semblait donc que cette partie des os était la dernière formée. Pour le prouver, Duhamel-Dumonceau ligatura un fil d'argent autour de la diaphyse d'un os long d'une jeune bête **6** A ; après quelques mois, lorsque l'animal fut abattu, le fil d'argent se trouvait dans la cavité médullaire **6** A''.

En 1898, un chirurgien français, le docteur Ollier, constata que, si l'on soulève le périoste, il se forme de l'os compact sous le fragment soulevé **6** B'.

La diaphyse d'un os long s'accroît en diamètre par formation d'os compact sous le périoste. Pendant ce temps, le diamètre de la cavité médullaire s'accroît du fait de la destruction de l'os compact situé vers l'intérieur de l'os.

IV La substance osseuse est vivante

elle contient des cellules

Si l'on gratte un opercule osseux de poisson et qu'on l'observe au microscope, on voit des cellules étoilées, séparées les unes des autres par une substance dure, nommée substance osseuse : l'os est une variété de tissu conjonctif.

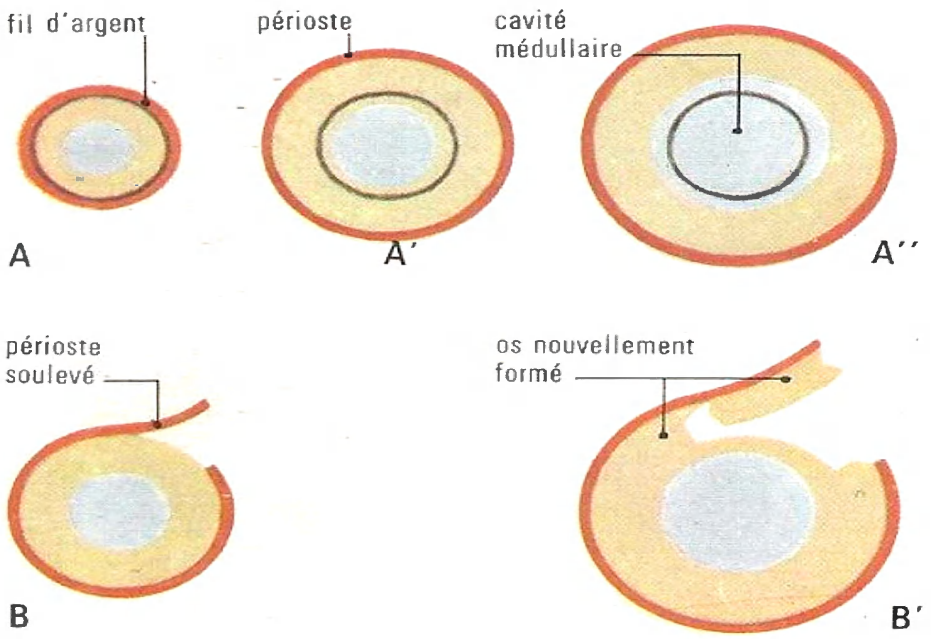
Si l'on use sur une meule un fragment d'os compact collé sur une lame porte-objet jusqu'à ce qu'il devienne transparent, on observe au microscope **7** :
— de fins canaux entourés de couches osseuses ;
— des cellules munies de prolongements reliés aux vaisseaux sanguins situés dans les canaux.

L'os compact, qui contient des cellules et des vaisseaux sanguins, est un tissu vivant ; c'est le sang qui lui apporte les substances dont il a besoin.

elle est remaniée sans cesse

Certaines parties des os sont détruites pendant que d'autres s'édifient à leur place ; c'est pourquoi :
— les saillies des os se développent sous l'action des tractions exercées par les tendons des muscles ;
— les travées osseuses qui se trouvent dans les épiphyses d'un os long **8** s'orientent en fonction des pressions et des tractions subies par l'os ;
— les mauvaises attitudes habituelles provoquent des déformations du squelette ; nous en reparlerons.

La substance osseuse est remaniée pendant toute l'existence, de sorte que les os possèdent une certaine plasticité.



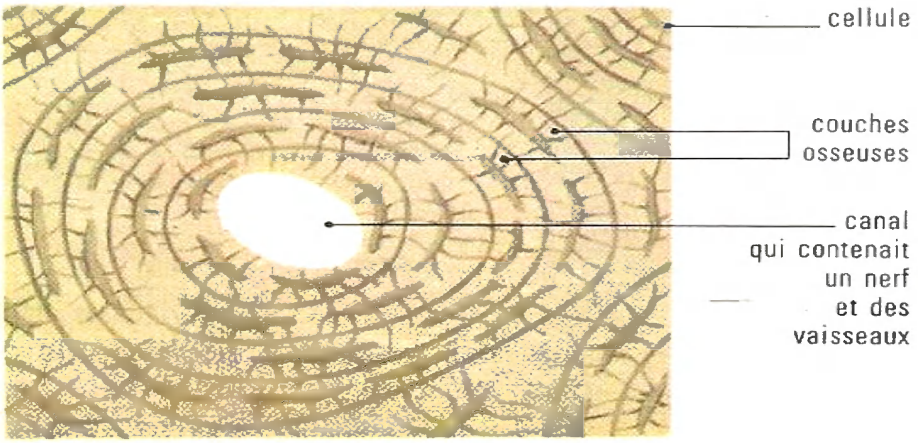
6 croissance en diamètre d'un os long

A Mise en évidence par l'expérience de Duhamel-Dumonceau.

Selon la durée de l'expérience, où retrouvait-on le fil d'argent ?

Aux dépens de quoi la cavité médullaire s'est-elle agrandie ?

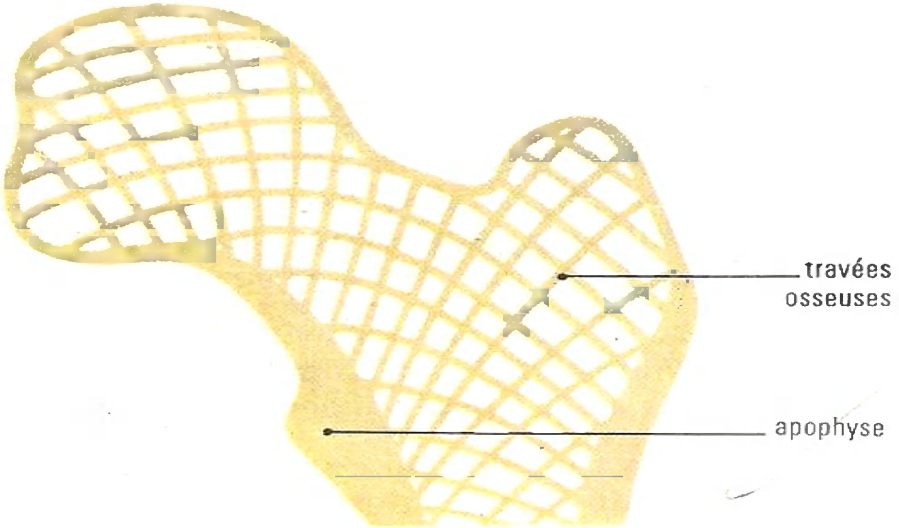
B Expérience du docteur Ollier : en quoi consistait-elle ? Quelle conclusion en tirez-vous sur le mécanisme de la croissance en diamètre d'un os long ?



7 structure de l'os compact

L'os compact contient de nombreux canaux disposés parallèlement à la cavité médullaire. Qu'existait-il dans chacun de ces canaux ? et autour d'eux ?

Dans une préparation microscopique d'os sec, les cellules sont disparues et les cavités qui les logeaient, remplies d'air, apparaissent alors en noir.

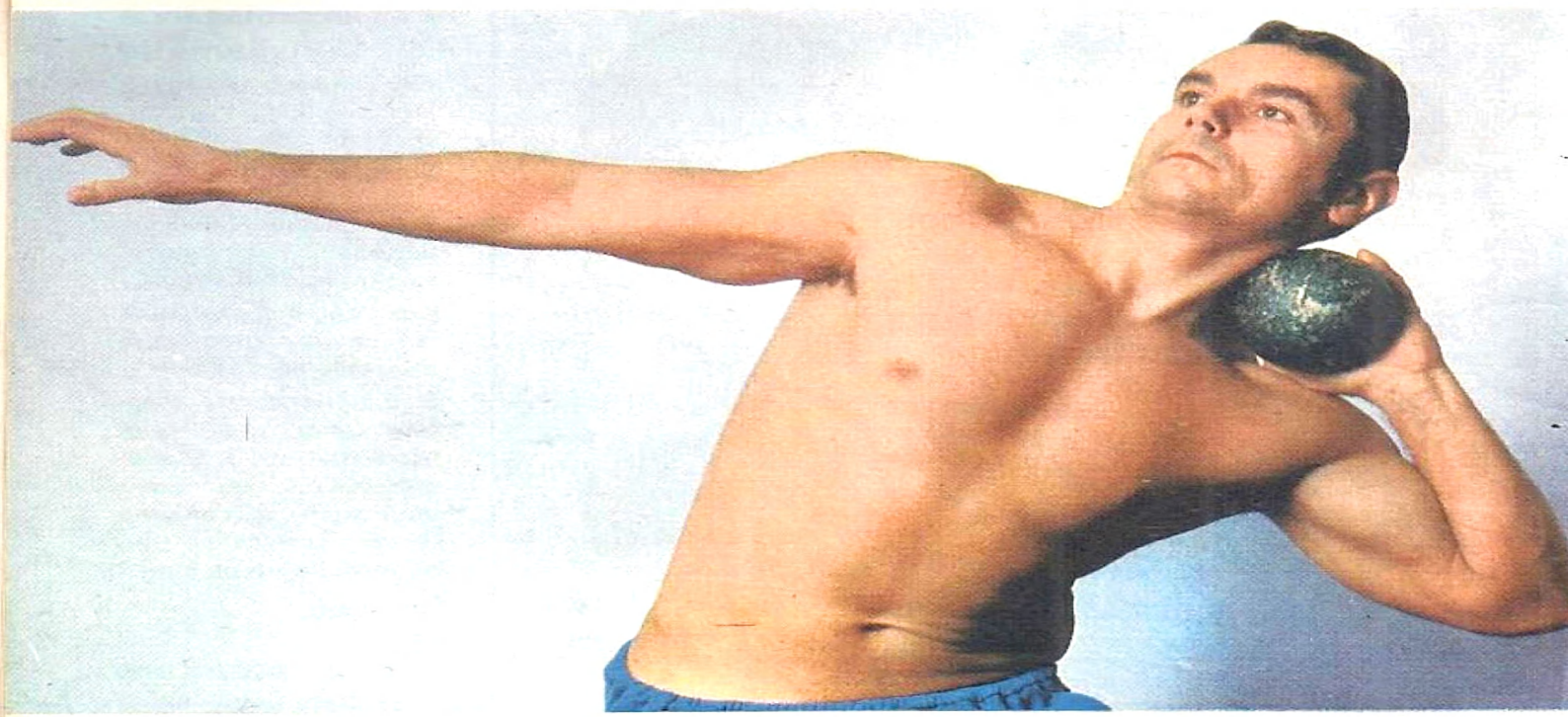


8 coupe en long d'un fémur humain

Remarquez les travées osseuses disposées en ogives. Ces travées supportent le poids du tronc et de la tête.

Sous l'épiphyse, remarquez la partie cylindrique appelée col du fémur. Chez les personnes âgées, l'os peut se briser à l'endroit du col du fémur.

3 les muscles



La dissection d'une souris et l'observation de l'« écorché » nous ont montré qu'il existe des muscles rouges et des muscles blancs.

Les muscles rouges constituent, d'une part, ce qu'on appelle communément la chair (ou viande quand il s'agit d'animaux de boucherie) et, d'autre part, le cœur (muscle cardiaque). La chair est formée essentiellement de muscles qui s'attachent sur les os (muscles du squelette), mais aussi d'un certain nombre de muscles rattachés à la peau (muscles peauciers). Ainsi le frontal, qui permet de plisser le front, est un muscle peaucier.

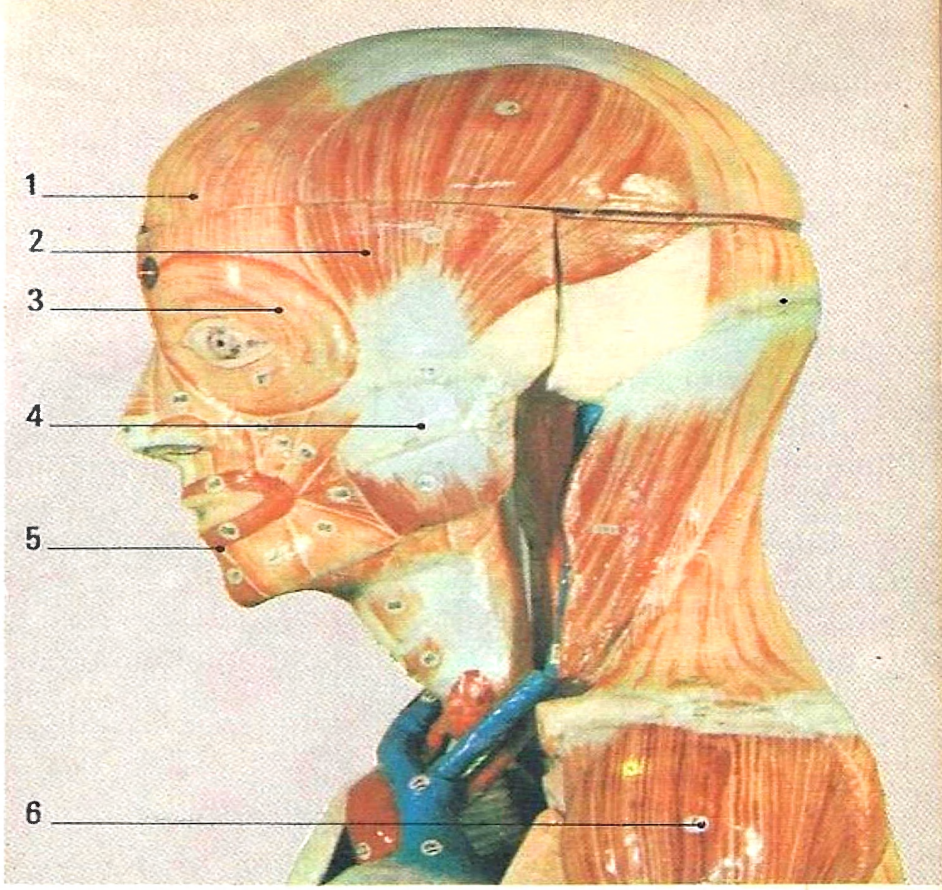
Les muscles blancs forment la plus grande partie des parois de l'estomac, de l'intestin, de la vessie, des gros vaisseaux sanguins...

L'ensemble des muscles du corps humain (environ 500) constitue le système musculaire.

A une belle musculature

Les muscles, harmonieusement développés, font la beauté du corps humain.

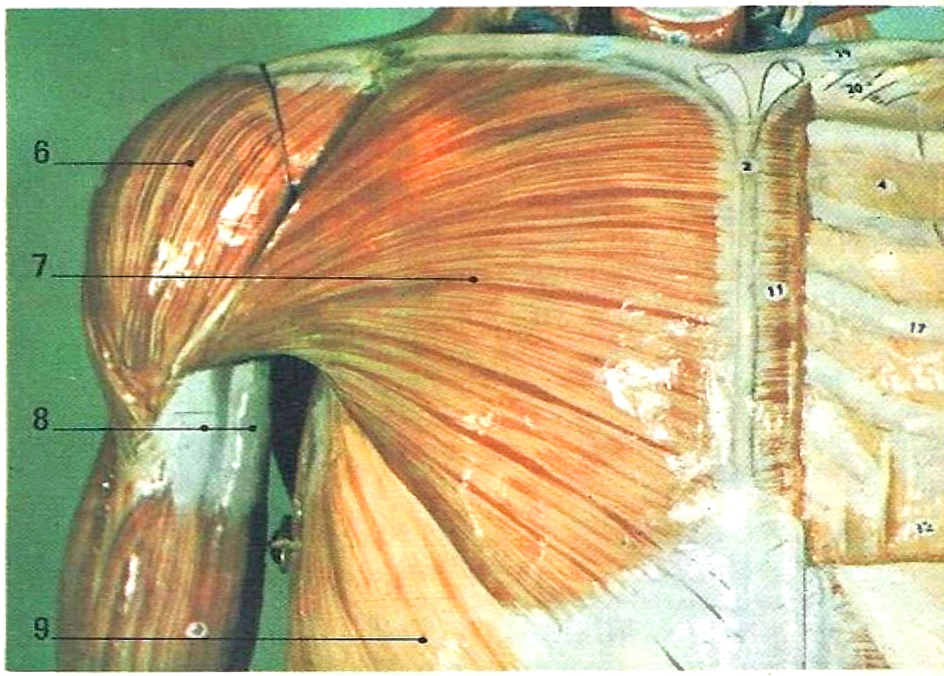
Le tronc possède près de 190 muscles; chacun de nos membres supérieurs en a une cinquantaine; la main en comprend 19. Le pouce, dont le rôle est si important pour la préhension des objets, en possède huit.

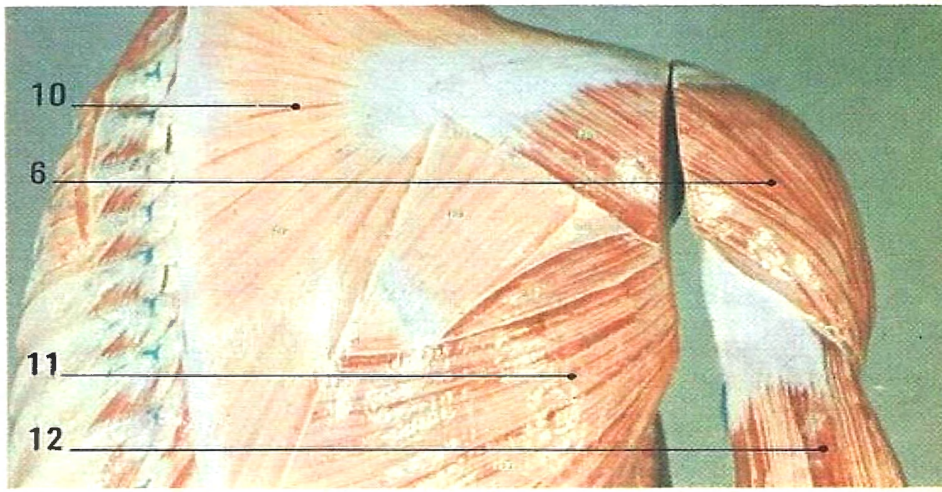


B D l' « écorché »

Ci-contre, c'est le petit « écorché » de 1,25 m de hauteur.

- Sachez reconnaître : le frontal 1, le temporal 2, l'orbiculaire des paupières 3 et celui des lèvres 5, le masséter 4, le deltoïde 6, le grand pectoral 7, le biceps 8, le grand oblique 9, le trapèze 10, le grand dorsal 11, le triceps 12.
- D'après les attaches des muscles rouges, distinguez :
  — les muscles du squelette qui sont fixés sur les os;
  — les muscles peauciers qui s'attachent sur la peau : le frontal, les orbiculaires des paupières et des lèvres jouent un grand rôle dans les expressions de notre visage.
- D'après la forme, distinguez les muscles :
  — en fuseau : 8, 12;
  — en éventail : 7;
  — en lame : citez-en;
  — en anneau : 3 et 5.





Observations

observez des muscles

Sur une patte de grenouille que l'on vient d'écorcher, observez les muscles de la cuisse et de la jambe.

1 Dans le muscle du mollet (le gastrocnémien), distinguez le ventre du muscle 3 et les tendons 2 et 4. Où s'attachent ceux-ci ?

2 Écartez les muscles de la cuisse du côté dorsal et recherchez le nerf sciatique 1.

Dessinez la patte vue du côté dorsal.

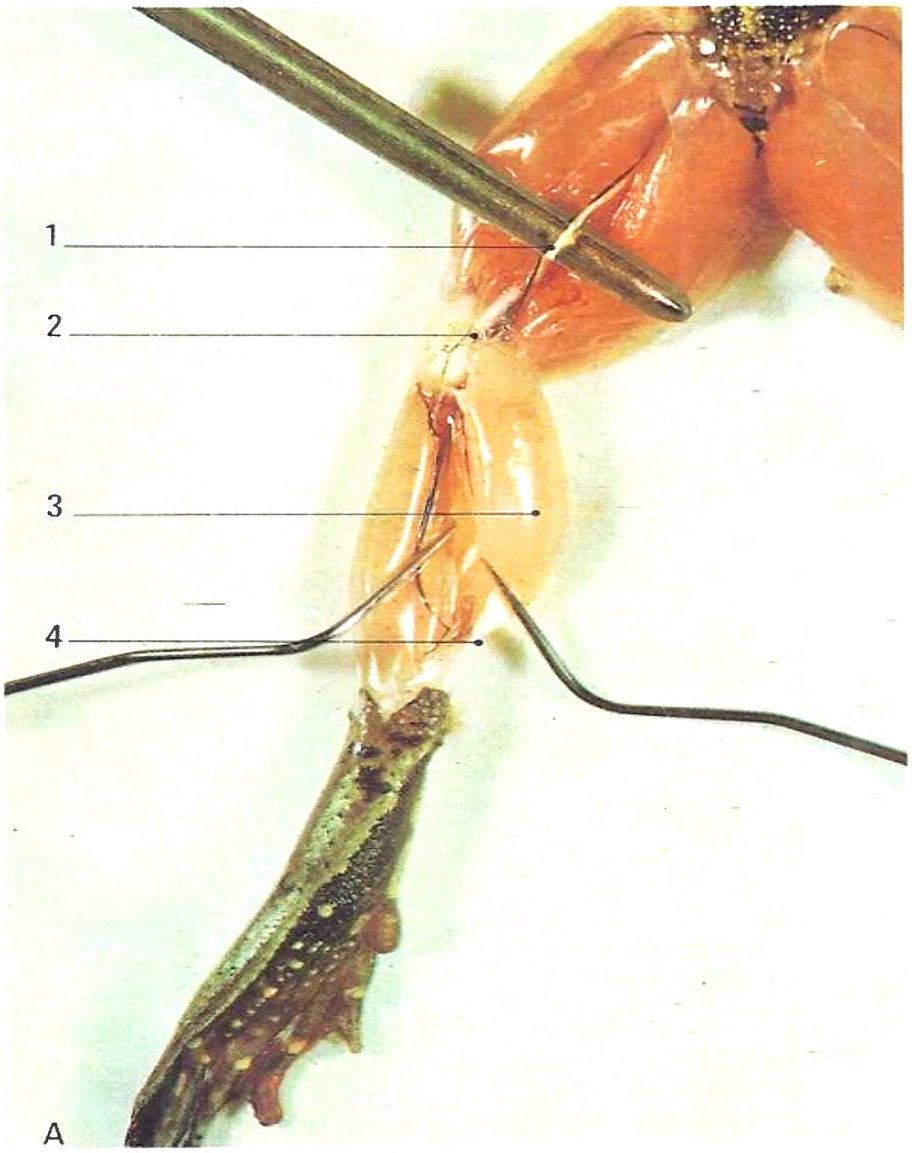
observez une coupe de gastrocnémien

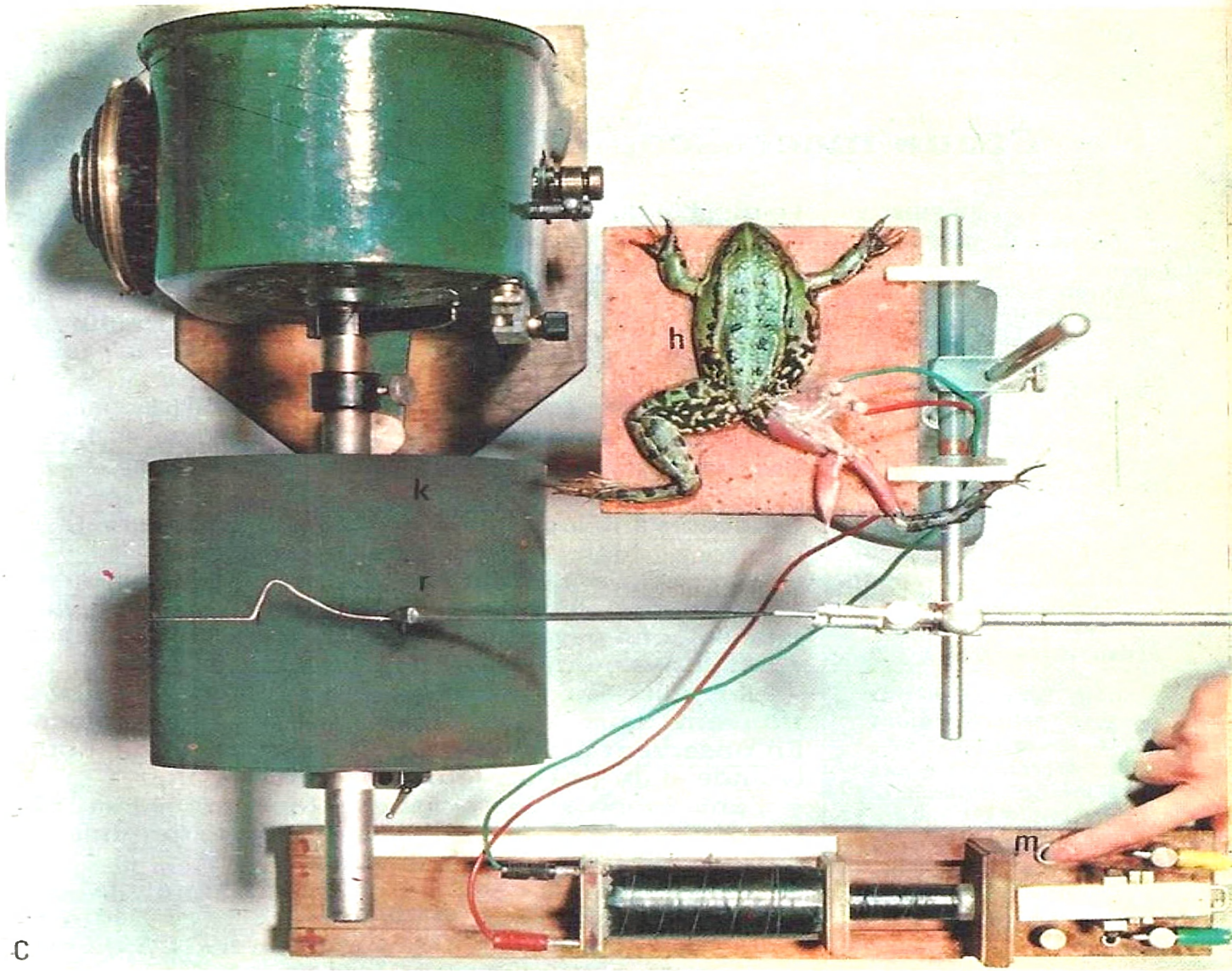
Observez à la loupe binoculaire une préparation microscopique du commerce.

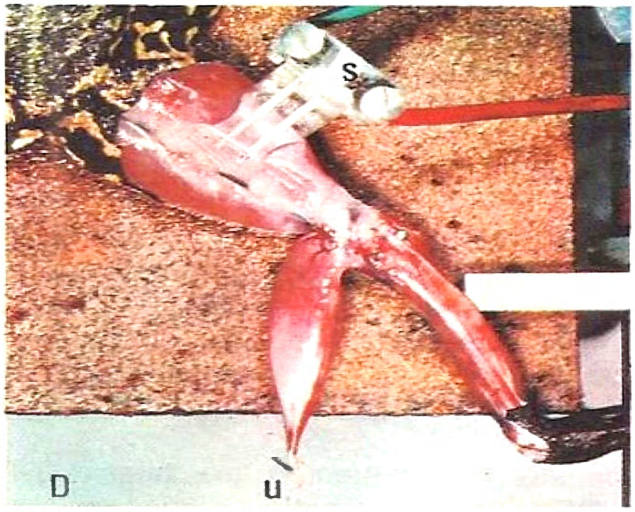
En vous aidant de la photographie B, recherchez : l'enveloppe du muscle 5, les cloisons 6, les loges 8 et les vaisseaux 7.

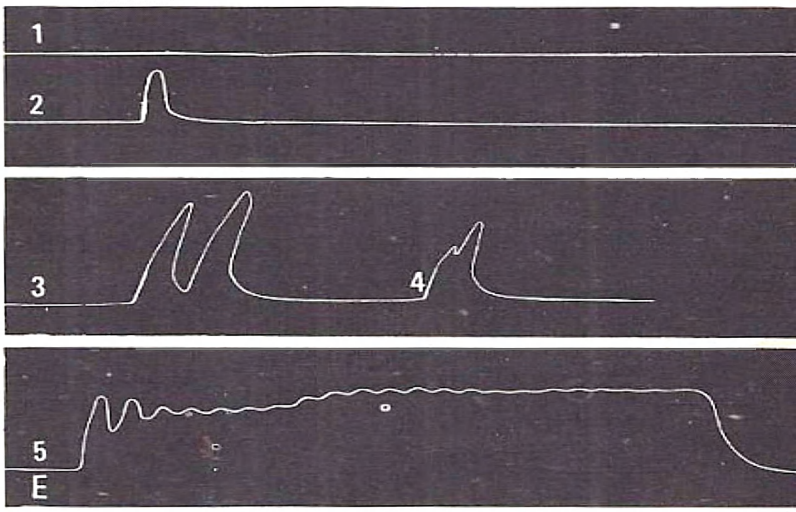
l'inscription de la contraction d'un muscle

- Sachez décrire l'appareil utilisé C.
- En D, remarquez l'excitateur qui soulève le nerf sciatique ; en C, à quoi sont réunis les fils de l'excitateur ?
- Qu'a-t-on suspendu au tendon inférieur du muscle. Remarquez la palette **r** qui s'applique sur le cylindre enregistreur **k**.
- Regardez les tracés obtenus E ; recherchez ce qu'on a fait pour obtenir chacun d'eux.




h
k
r
m
C


s
D
u


1
2
3
4
5
E

les muscles

I Étude macroscopique d'un muscle long

un muscle de grenouille

Le muscle du mollet, le gastrocnémien **1**, comprend :
— une partie médiane un peu rougeâtre, renflée, appelée ventre du muscle ;
— deux extrémités blanchâtres, étroites : ce sont les tendons. Le tendon supérieur s'attache au fémur ; le tendon inférieur s'attache à l'os du talon.

Le muscle gastrocnémien, qui comporte une partie médiane renflée et des extrémités amincies, est un muscle en fuseau. Dans ce muscle pénètre un rameau du nerf sciatique.

structure d'un muscle long

En observant à la loupe une coupe transversale de gastrocnémien de grenouille **2**, on voit que :
— le muscle est entouré d'une enveloppe fibreuse : c'est du tissu conjonctif qui envoie vers l'intérieur des cloisons partageant le muscle en loges ;
— les loges contiennent des paquets de fibres ;
— des vaisseaux sanguins et des filets nerveux se trouvent dans l'enveloppe et dans les cloisons.
En observant à l'œil nu un muscle de bœuf bouilli (viande d'un pot-au-feu), on constate que :
— l'enveloppe et les cloisons, transformées en une sorte de gelée, se réunissent aux extrémités du muscle en formant les tendons ;
— dans chacune des loges on peut séparer, à l'aide d'aiguilles, les fibres. Elles atteignent 40 mm de longueur, mais leur diamètre n'a que 5/100 de mm. Ces fibres musculaires sont des cellules géantes.

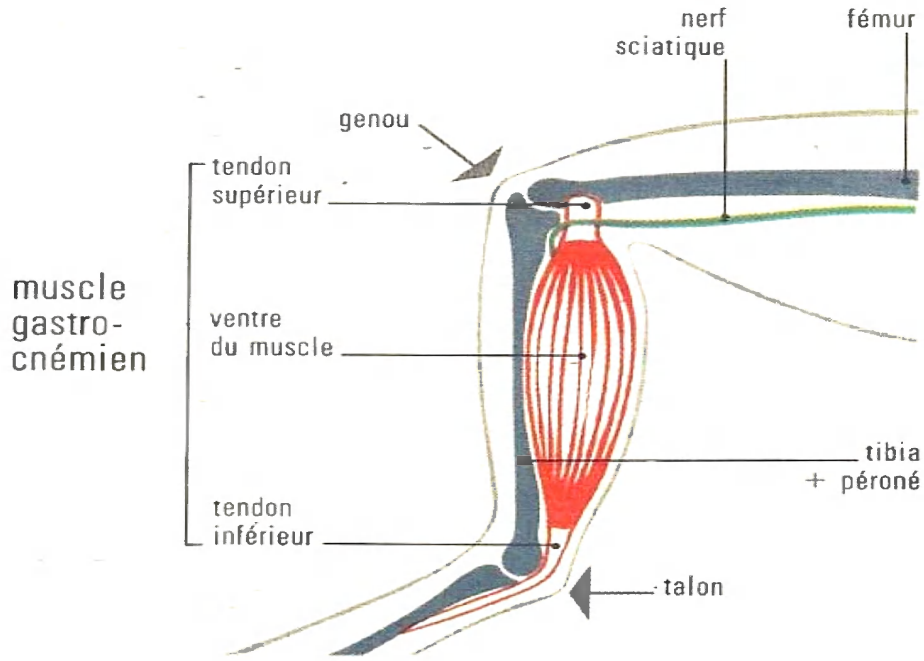
Un muscle en fuseau est partagé en loges qui contiennent des paquets de fibres musculaires. Chacune de ces fibres musculaires est une cellule 800 fois plus longue que large.

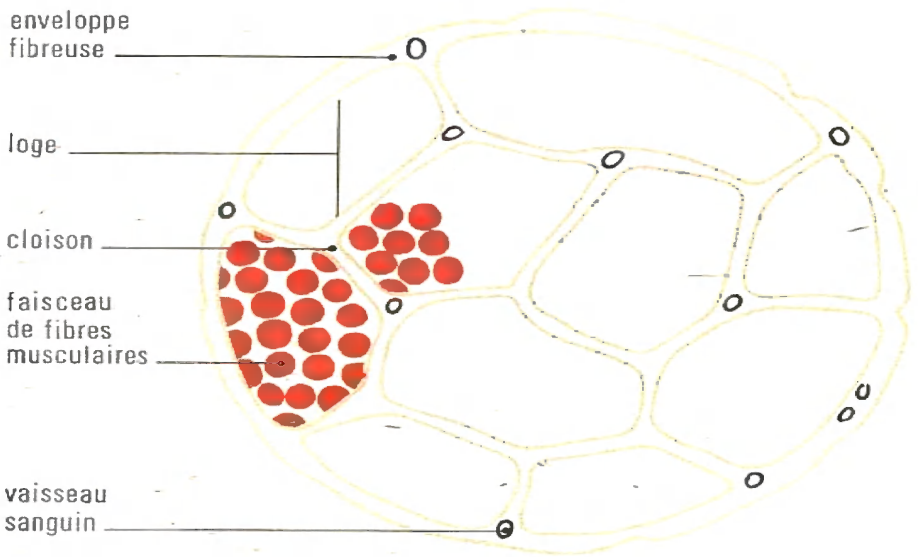
II Un muscle est élastique

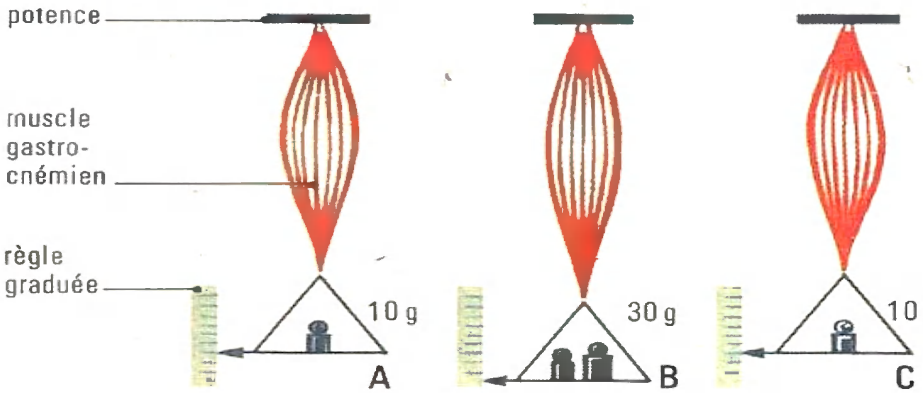
mise en évidence

Sur une grenouille que l'on vient de faire mourir, prélevons un gastrocnémien et suspendons-le à une potence. Au muscle, attachons un plateau portant 10 g et repérons sa base **3** A. Ajoutons 20 g : le muscle s'allonge **3** B ; mais il reprend sa longueur primitive **3** C si l'on enlève le poids de 20 g.

Un muscle peut s'allonger, puis reprendre exactement sa longueur primitive ; on dit qu'un muscle est élastique.







1 le muscle gastrocnémien d'une grenouille

Quelles sont les trois parties de ce muscle ? Sur quoi s'attache le tendon supérieur ? et le tendon inférieur ?

Il ne faut pas confondre les tendons, très résistants, que l'on appelle à tort « nerfs de la viande », avec les nerfs qui sont fragiles.

Quand on écarte les muscles de la cuisse, on peut soulever un cordon blanc nacré : c'est le nerf sciatique dont un rameau pénètre dans le gastrocnémien.

2 coupe en travers du gastrocnémien

On utilise une préparation microscopique que l'on observe à la loupe binoculaire, car le diamètre du muscle atteint 7 à 8 mm.

Que deviennent les cloisons et l'enveloppe aux deux extrémités d'un muscle en fuseau ? Qu'existe-t-il dans les cloisons et l'enveloppe ? Qu'entend-on par étude macroscopique d'un muscle long ?

3 un muscle est élastique

Quel est le dispositif utilisé pour mettre en évidence l'élasticité d'un gastrocnémien ?

Attention : il ne faut pas charger trop le plateau, sinon le muscle est déformé et il ne reprend plus sa longueur primitive.

III Un muscle est excitable et contractile

les excitants du muscle

Après avoir insensibilisé une grenouille (comment?), on met à nu les muscles d'une patte postérieure, puis on fixe l'animal sur une plaque de liège.
Piquons ou pinçons le gastrocnémien : on observe un mouvement rapide du pied.
Appuyons sur le muscle deux fils métalliques reliés à un accumulateur (ou à une pile électrique) par l'intermédiaire d'un interrupteur **4**.
Établissons le courant en appuyant sur l'interrupteur : on observe un mouvement de la patte, puis celle-ci redevient aussitôt inerte.
Interrompons le courant (comment ?) : le même mouvement de la patte se produit ; ainsi :

Un muscle réagit à une excitation (piqûre, pincement, établissement du courant d'un accumulateur ou interruption de ce courant) ; on dit qu'un muscle est excitable.

le rôle du nerf

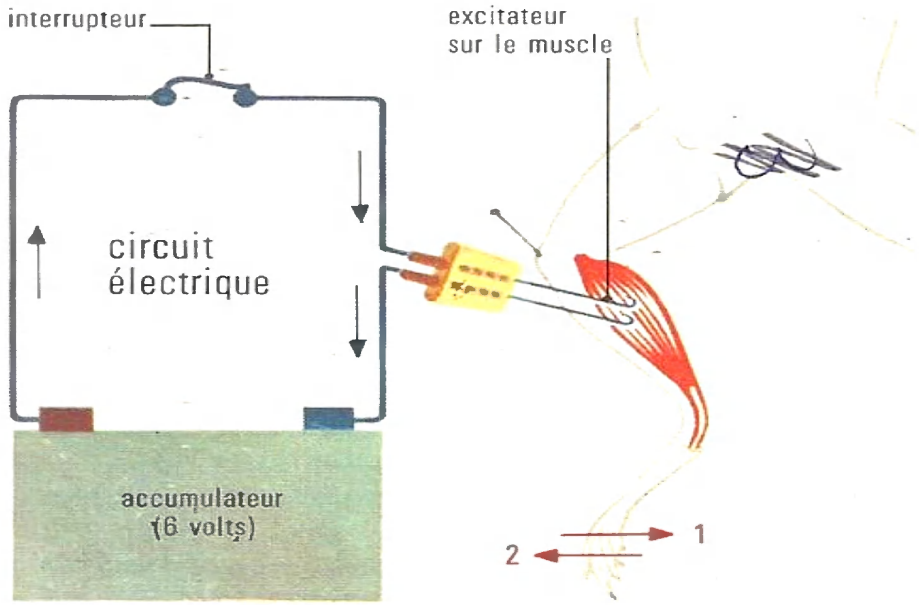
Dégageons le nerf sciatique et posons ce nerf sur les deux fils métalliques utilisés précédemment. On observe encore un brusque mouvement de la patte lors de l'établissement du courant **5**, puis un autre mouvement à sa rupture. Ainsi, par deux fois, quelque chose a été conduit depuis le point excité du nerf sciatique jusqu'au gastrocnémien. Dans notre organisme, c'est un influx nerveux qui se propage dans les nerfs et atteint les muscles : l'influx nerveux est l'excitant normal des muscles.

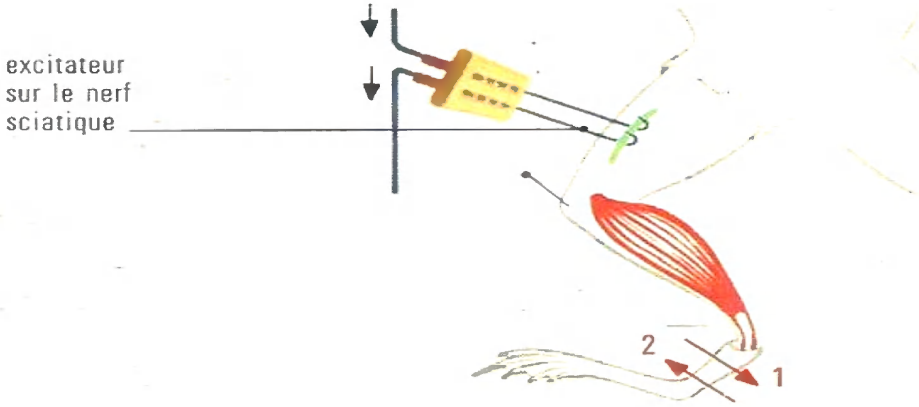
Un muscle est excitable par l'intermédiaire du nerf qui aboutit à ce muscle ; ce nerf, qui commande la réaction du muscle, est appelé nerf moteur.

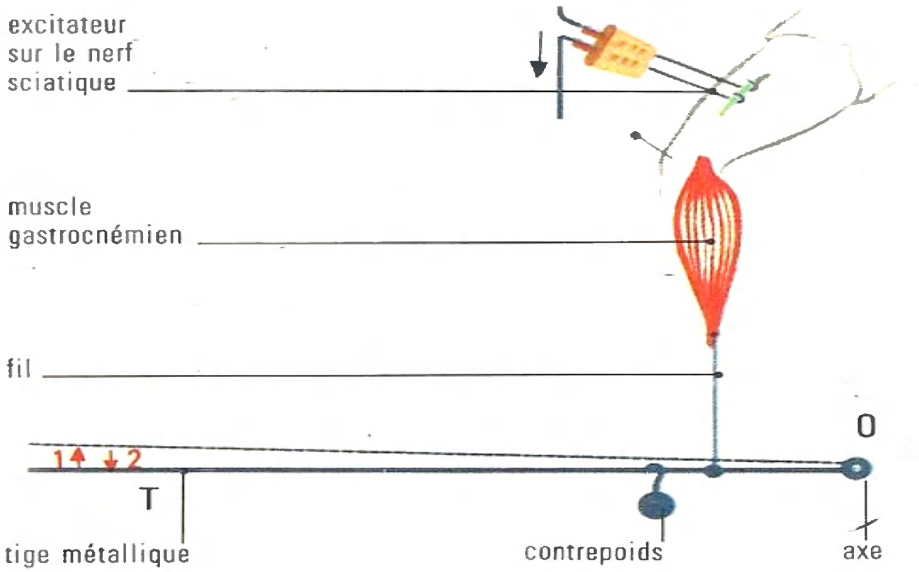
ce qui se produit quand un muscle réagit

Au cours des expériences précédentes **4**-**5**, nous avons observé un mouvement de la patte. Puisque le genou était immobilisé à l'aide d'une épingle, c'est donc que le gastrocnémien se raccourcit et tire sur le talon ; on dit que le muscle se contracte. Mais l'observation ne permet pas de préciser ce qui se produit ; c'est pourquoi nous allons amplifier la contraction du muscle avec une longue tige **6**.
Établissons le courant : la tige T se soulève, puis revient immédiatement à sa position initiale. Quand la tige se soulève, c'est parce que le muscle se raccourcit : il se contracte. Quand la tige T revient à sa position première, c'est que le muscle reprend sa longueur primitive : le muscle se relâche ; ainsi :

A toute excitation, un muscle se raccourcit, puis se relâche immédiatement ; on dit qu'un muscle est contractile.







4 l'excitation du muscle gastrocnémien

Pour réaliser des expériences sur un muscle de grenouille, il faut insensibiliser l'animal; pour cela on détruit l'encéphale et la moelle épinière avec une longue aiguille.

L'excitateur est formé de fils métalliques recourbés et maintenus par un bloc en matière plastique. A quoi est réuni l'excitateur ? Pourquoi a-t-on placé un interrupteur ?

5 l'excitation du nerf sciatique

Comment place-t-on l'excitateur ? Pourquoi a-t-on piqué une épingle dans le genou? Quand on établit le courant, qu'observe-t-on ? Quand le courant passe, la patte bouge-t-elle ? et quand on interrompt le courant ? Concluez !

6 comment on amplifie la contraction

On attache un fil au tendon inférieur, puis on sectionne ce tendon au-dessous de l'attache. On ligature le fil à une tige métallique T qui peut tourner autour de l'axe O. Pour tendre le fil, que fait-on ? Si l'attache du fil est au 1/6 de la longueur de T, de combien se déplace l'extrémité de la tige lorsque le muscle se raccourcit d'un millimètre ? Alors, quel est le rôle de T ?

comment on inscrit les contractions

Nous avons montré que, en suspendant au tendon inférieur du gastrocnémien une longue tige mobile autour d'un axe, on peut observer les variations de longueur du muscle : cette tige, comme un levier, amplifie les réactions du muscle.

A l'extrémité de la tige métallique T, mettons une fine palette en matière plastique et appliquons sa pointe sur une feuille de papier recouverte de noir de fumée **7**. Cette feuille est enroulée sur un cylindre entraîné par un petit moteur électrique.

Établissons le courant dans l'excitateur; la palette trace la courbe abc **8** A :
— ab correspond à la contraction du muscle;
— bc correspond au relâchement de ce muscle.
L'ensemble abc est une secousse musculaire; elle ne dure que 1/10 de seconde; c'est pourquoi, sans l'enregistrer, nous n'avions pas pu l'analyser correctement. Le dispositif qui nous a permis de l'inscrire sur un papier est un myographe (du grec : mus, muscle, et graphein, écrire).

Tant que le courant électrique passe, le muscle reste au repos; d'où le tracé cd **8** A.

Interrompons le courant, la palette trace une nouvelle secousse musculaire def **8** A.

Établissons le courant, puis interrompons-le immédiatement; on obtient deux secousses musculaires qui se superposent en partie **8** B.

A chaque fois que le courant électrique est établi (ou interrompu) dans l'excitateur, le gastrocnémien subit une brève contraction, puis se relâche : c'est une secousse musculaire.

la contraction permanente du muscle

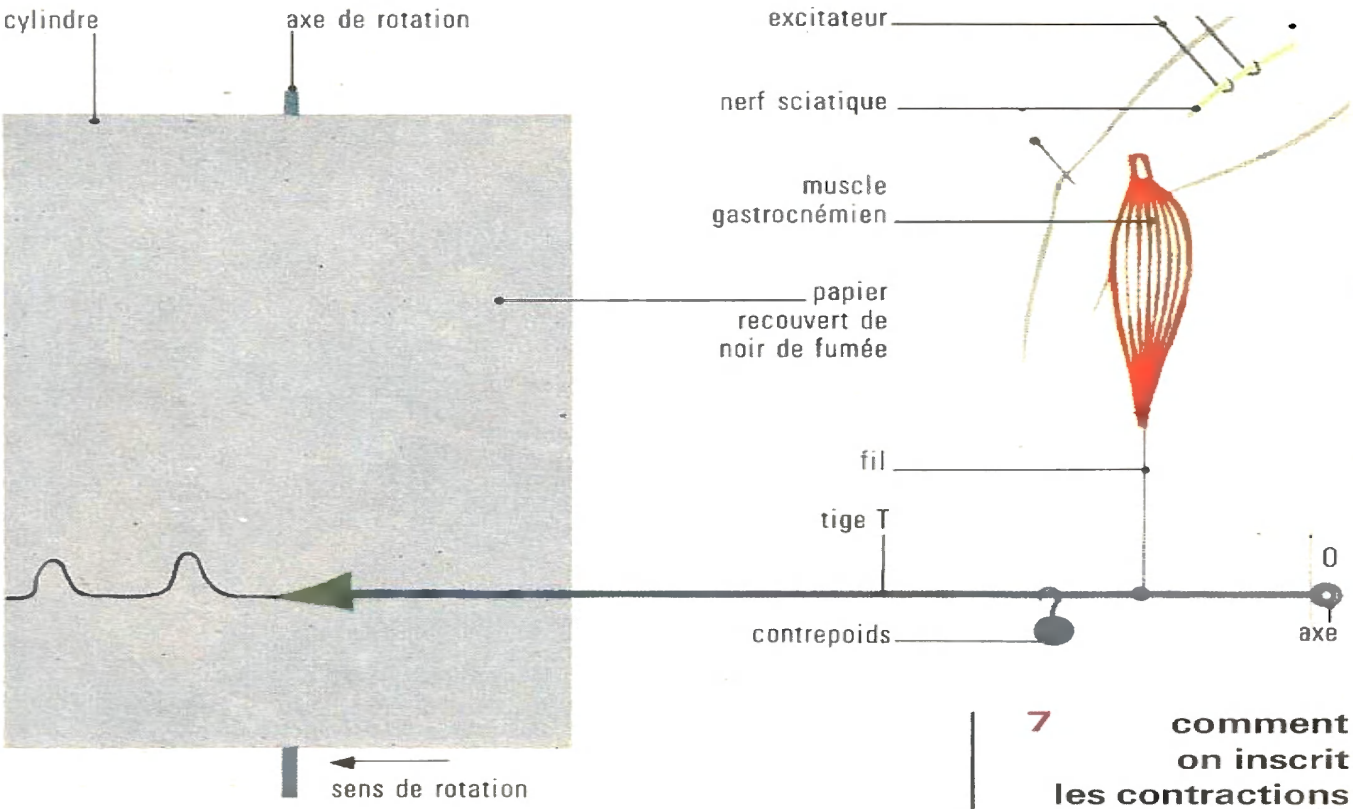
Si l'établissement du courant et son interruption se font plus de 30 fois par seconde (à l'aide d'un dispositif spécial), le gastrocnémien reste contracté **8** C ; on dit que le muscle est tétanisé.

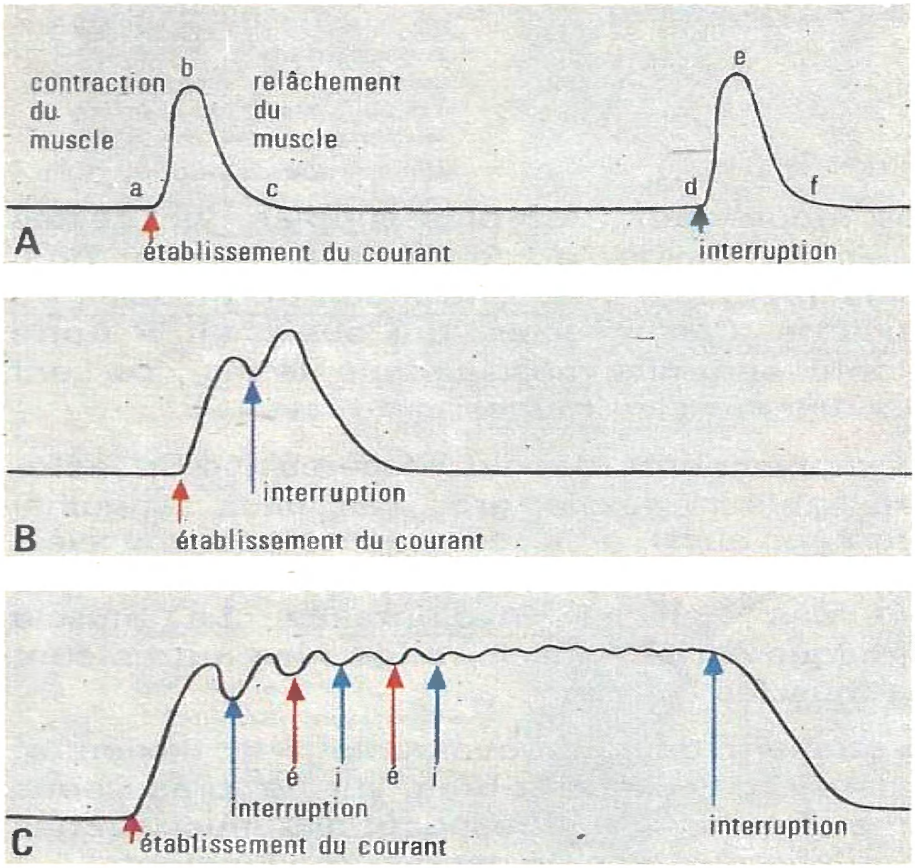
Si l'établissement du courant et son interruption se produisent rapidement, le muscle reste contracté : il est tétanisé.

le danger du courant du secteur

Le courant du secteur, appelé courant alternatif, s'établit 100 fois par seconde et s'interrompt autant de fois ; c'est pourquoi, en touchant des fils dénudés, nos muscles restent contractés ; la respiration ne peut plus s'effectuer : c'est alors l'électrocution.

Quand on touche des fils électriques mal protégés ou un interrupteur en ayant les mains humides, on risque d'être électrocuté, car le courant du secteur provoque la contraction permanente des muscles, ce qui arrête la respiration.





7 comment on inscrit les contractions

Sur quoi inscrit-on les déplacements de T ?

8 les tracés obtenus

A Quand la palette qui se trouve au bout de T trace **a b**, que fait le muscle ? et quand elle trace **b c** ? Entre **c** et **d**, le courant passe-t-il dans l'excitateur ?

Combien de temps faut-il pour tracer **a b c** ? Alors, au bout de combien de dixièmes de seconde a-t-on interrompu le courant ?

B Pourquoi les deux courbes se superposent-elles en partie ?

C Regardez page 35, C : quel est le dispositif qui permet d'établir et d'interrompre le courant aussi vite ?

4 les mouvements

Nos mouvements les plus simples, les gestes précis de l'ouvrier et de l'artisan ne sont possibles que grâce à la contraction de muscles du squelette. Ces muscles, qui obéissent à notre volonté, sont dits muscles volontaires ; ce sont tous des muscles rouges.

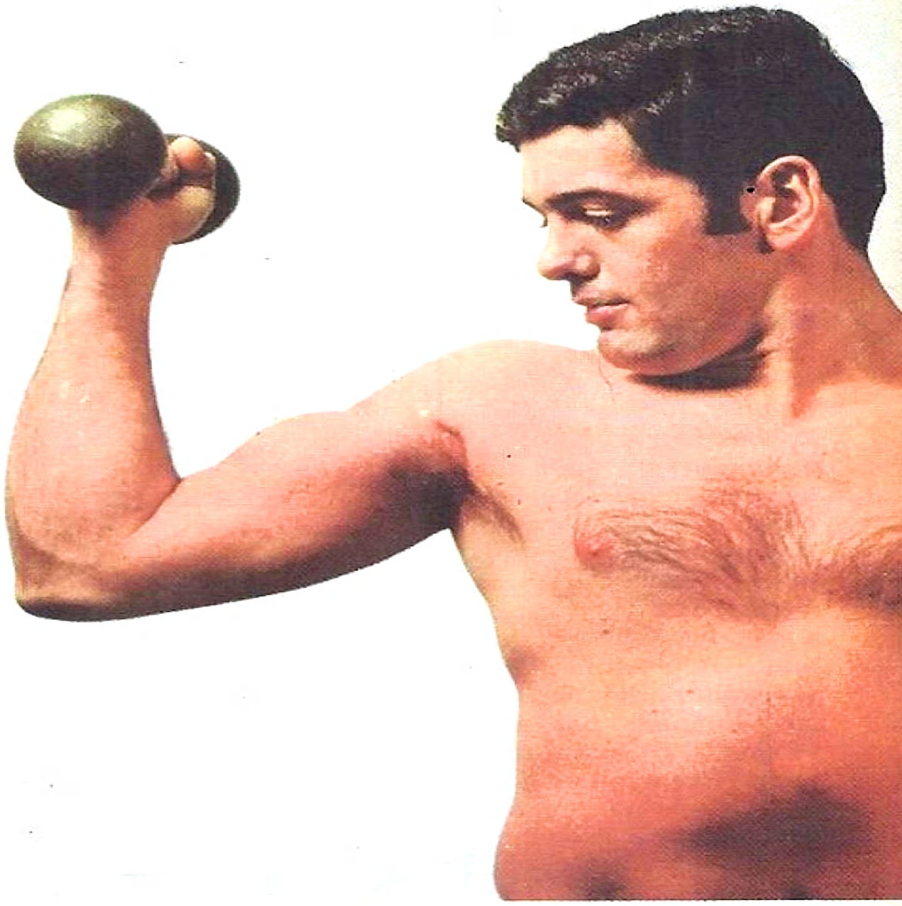
Les mouvements de nos viscères (cœur, estomac, intestin, vessie, gros vaisseaux sanguins) sont dus aussi à la contraction de muscles, mais sans que notre volonté intervienne : ce sont des muscles involontaires. Le muscle cardiaque est un muscle rouge ; les autres sont des muscles blancs.

En étudiant deux mouvements : la flexion et l'extension de l'avant-bras sur le bras, nous rechercherons le rôle respectif des muscles, des articulations et des os dans le mouvement.

A la course

Au moment du départ, le travail des muscles des membres inférieurs est important : à quoi le voyez-vous ?

On dit que les muscles sont les organes actifs du mouvement; justifiez cette expression.



B la flexion de l'avant-bras

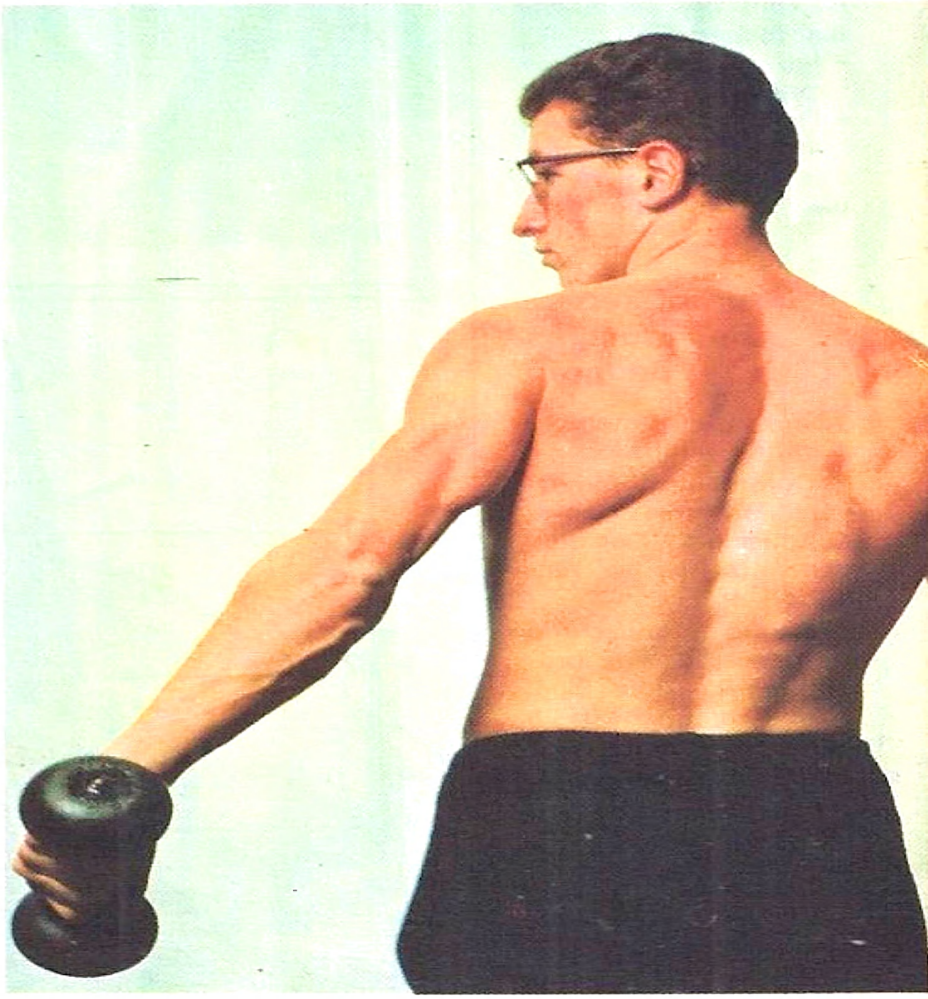
Que fait cet athlète ? Quel est le muscle qui fait saillir la peau du bras ? Remarquez le deltoïde : il est contracté, car c'est lui qui écarte le bras du thorax.

Entourez votre bras droit avec votre main gauche, et soulevez un gros livre : que remarquez-vous ? Que pouvez-vous en conclure ?

C l'extension de l'avant-bras

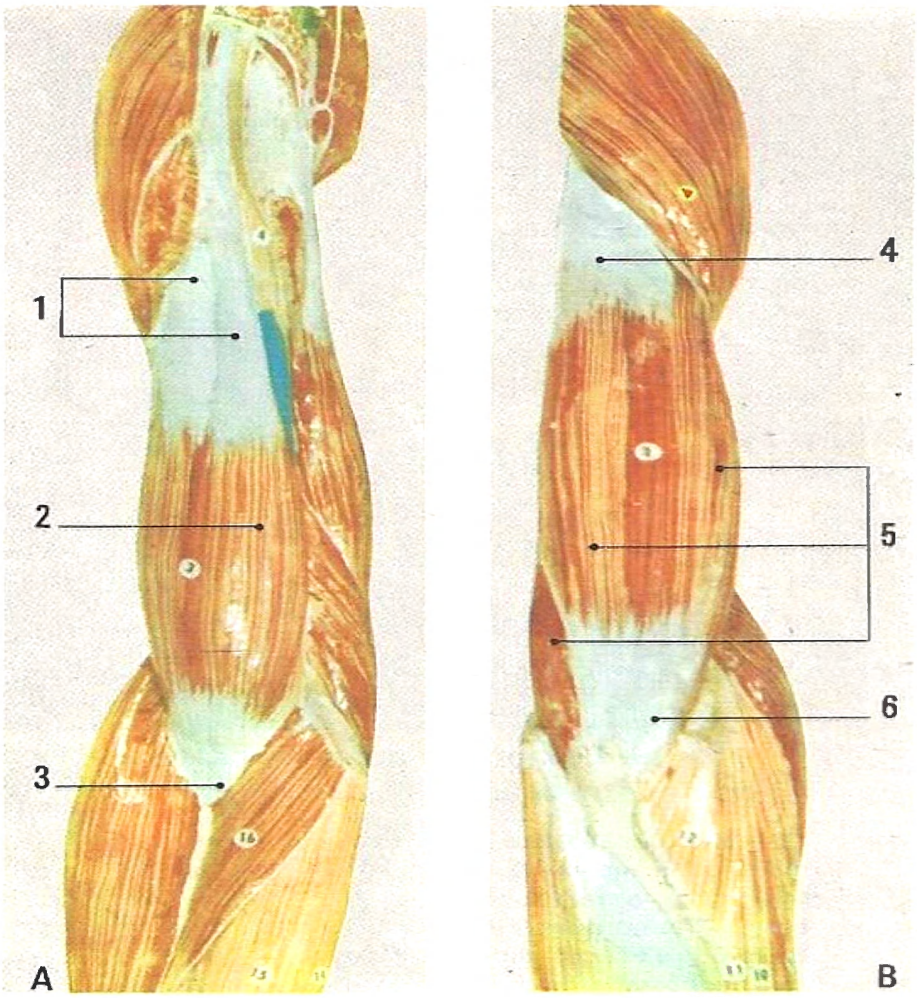
L'athlète est vu de dos; regardez la face arrière du bras : que remarquez-vous ? Alors, pendant l'extension, est-ce le même muscle qui travaille que pendant la flexion de l'avant-bras sur le bras ?

Vérifiez sur vous-même en entourant votre bras avec l'autre main et, après avoir soulevé un livre, étendez lentement votre membre.



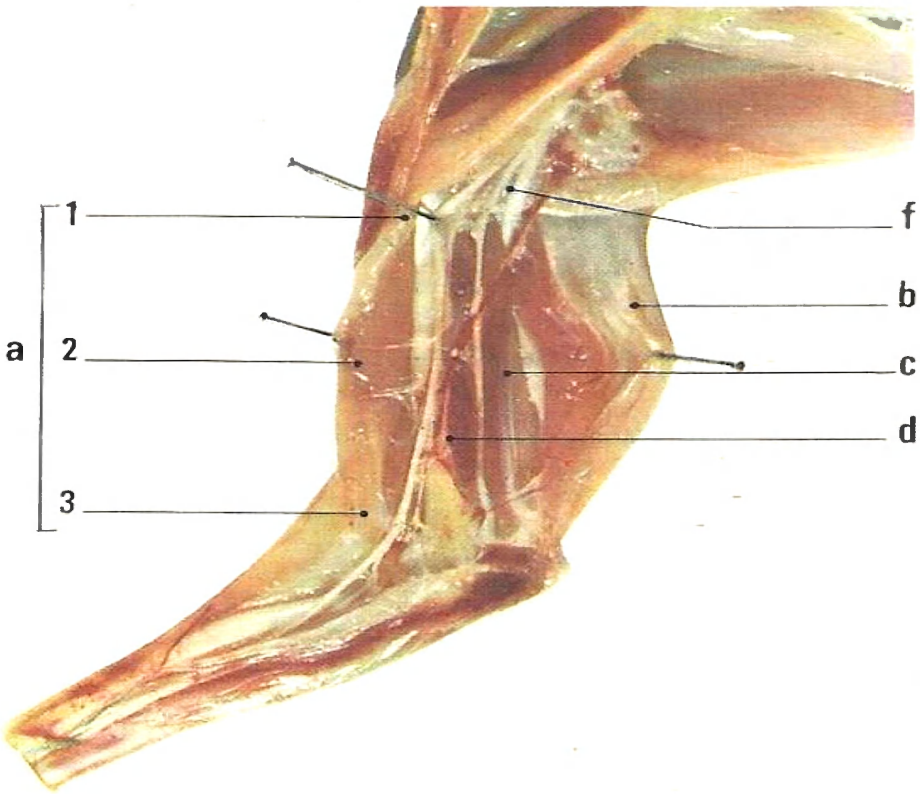
étudiez deux muscles sur l' « écorché »

1 Sur quelle face du bras se trouve le biceps ? et le triceps ? Alors, qu'a-t-on photographié en A ? et en B ?
2 Observez le biceps : comment appelle-t-on les parties du muscle portant un nombre ? Pourquoi a-t-on nommé ce muscle biceps ?
3 Observez le triceps sur la face arrière du bras B. Remarquez ses trois parties 5 qui se terminent par un tendon 6. Où est-il attaché ? Combien y a-t-il de tendons en haut ?
4 Sur l'autre membre supérieur de l' « écorché », dont les muscles ne sont pas représentés, recherchez :
- les attaches du biceps et du triceps ;
- l'artère et la veine humérales ;
- les nerfs qui sont situés profondément.



observez des muscles de lapin

1 De quel membre s'agit-il ? pourquoi ?
2 Comment nommez-vous les trois parties du muscle **a** ? Sur quoi sont attachés les tendons 1 et 3 ?
3 Quand le muscle **a** se contracte, que provoque-t-il ? Alors, quel nom donnerez-vous à ce muscle ?
4 Sur la face arrière de l'humérus, distinguez les muscles **b**, **c** et **d**. Où s'attache leur tendon inférieur ? Lorsque ces muscles se raccourcissent, que provoquent-ils ?



le coude humain

• Palpez votre coude, puis pliez et étendez le membre supérieur : quels sont les os qui se déplacent ? Autour de quoi tournent-ils ?

• Sur un squelette humain, recherchez :

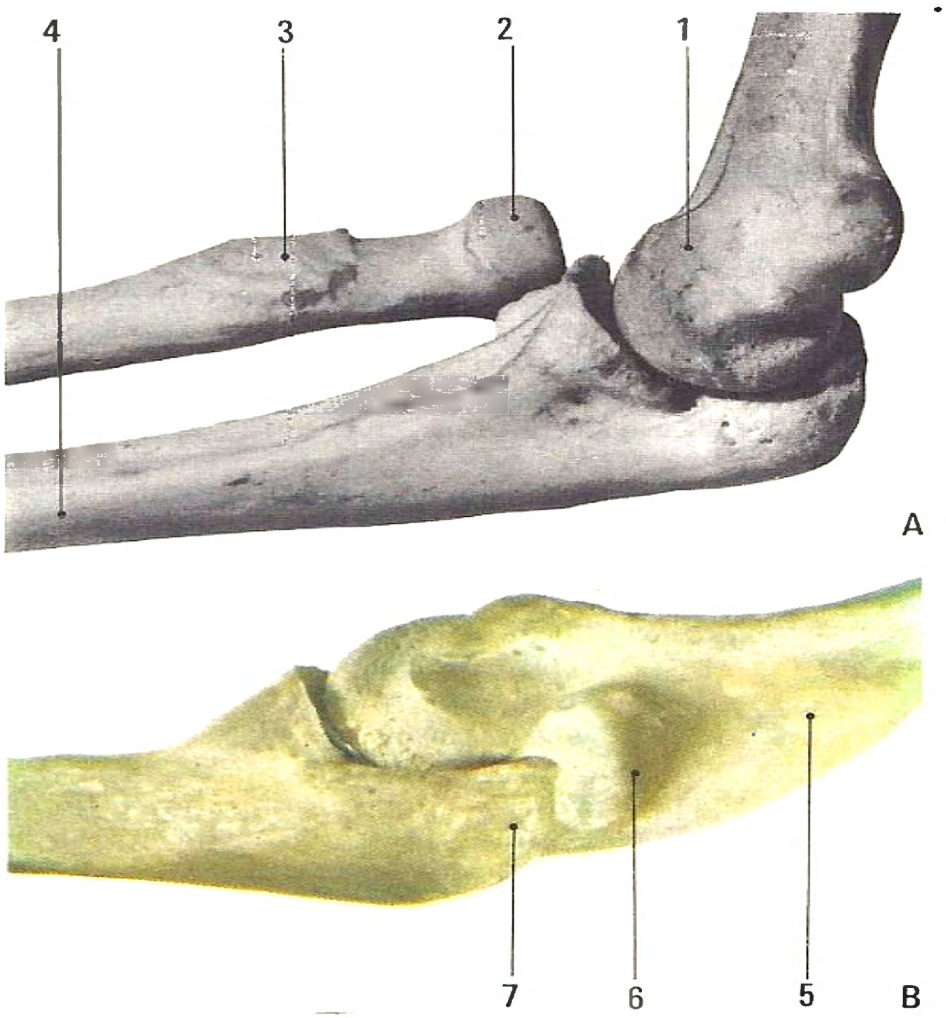
1 Les noms des os du membre supérieur A.

2 Dans quoi s'emboîte l'épiphyse inférieure 1 de l'humérus ? A quoi peut-on comparer la surface articulaire de l'humérus ?

3 Comment se termine la tête du radius ? Où s'articule-t-elle ?

4 Quand le membre est en extension B, dans quoi vient buter le bout du cubitus ?

5 Sur le radius, en A, observez la saillie rugueuse 3. Qu'est-ce qui s'y attachait.



un coude de mouton

• Disséquez le coude :

1 Pour séparer les os, que faut-il sectionner ? Est-ce facile ?

2 Quand on déboîte les os, qu'est-ce qui se répand ? A quoi sert ce liquide visqueux ?

3 En quoi sont les surfaces articulaires ?

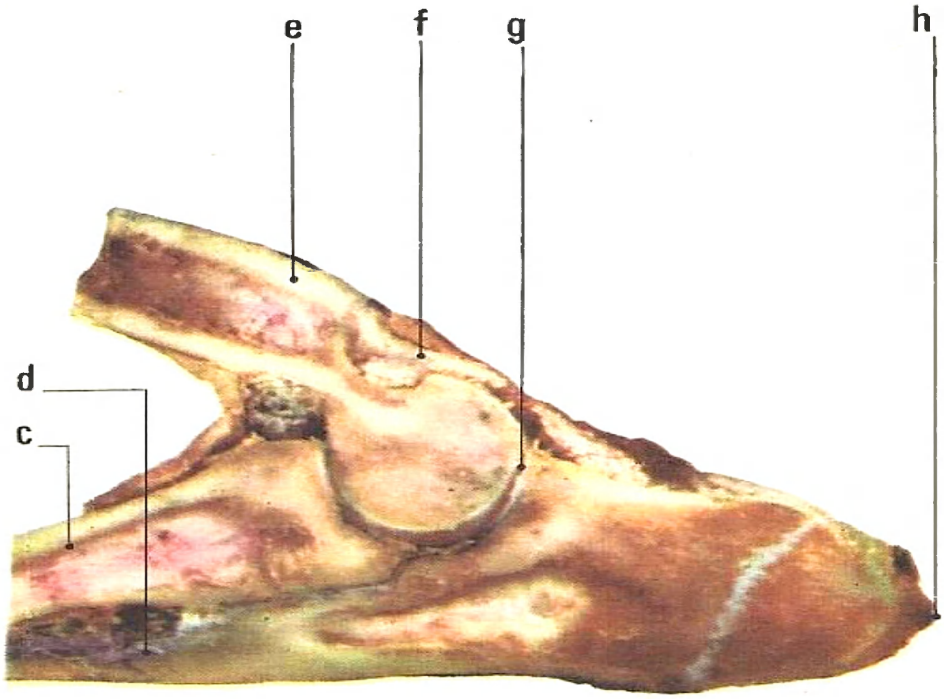
• Observez une coupe :

1 Quelle légende indiqueriez-vous à la place des lettres ?

2 Qu'est-ce qui maintient les os appliqués les uns sur les autres ?

3 Qu'est-ce qui permet le glissement des os ?

Dessinez la coupe du coude de mouton et celle du coude humain. Annotez vos dessins.



La flexion et l'extension de l'avant-bras

les muscles qui entrent en jeu

Quand nous fléchissons l'avant-bras sur le bras, le biceps grossit et durcit : il se contracte **1** A. Le biceps est appelé muscle fléchisseur.
Quand nous étendons l'avant-bras, le triceps grossit et durcit à son tour **1** B : c'est un muscle extenseur. Pendant l'extension, le biceps devient moins dur : il se relâche en freinant le mouvement. Peu à peu, grâce à son élasticité, le biceps est étiré. Ainsi le biceps et le triceps, qui ont une action en sens contraire, sont deux muscles antagonistes.

Un mouvement de flexion (ou d'extension) résulte de la contraction d'un muscle tandis qu'un autre muscle est étiré ; ce mouvement est donc une conséquence de deux propriétés fondamentales des muscles : la contractilité et l'élasticité.

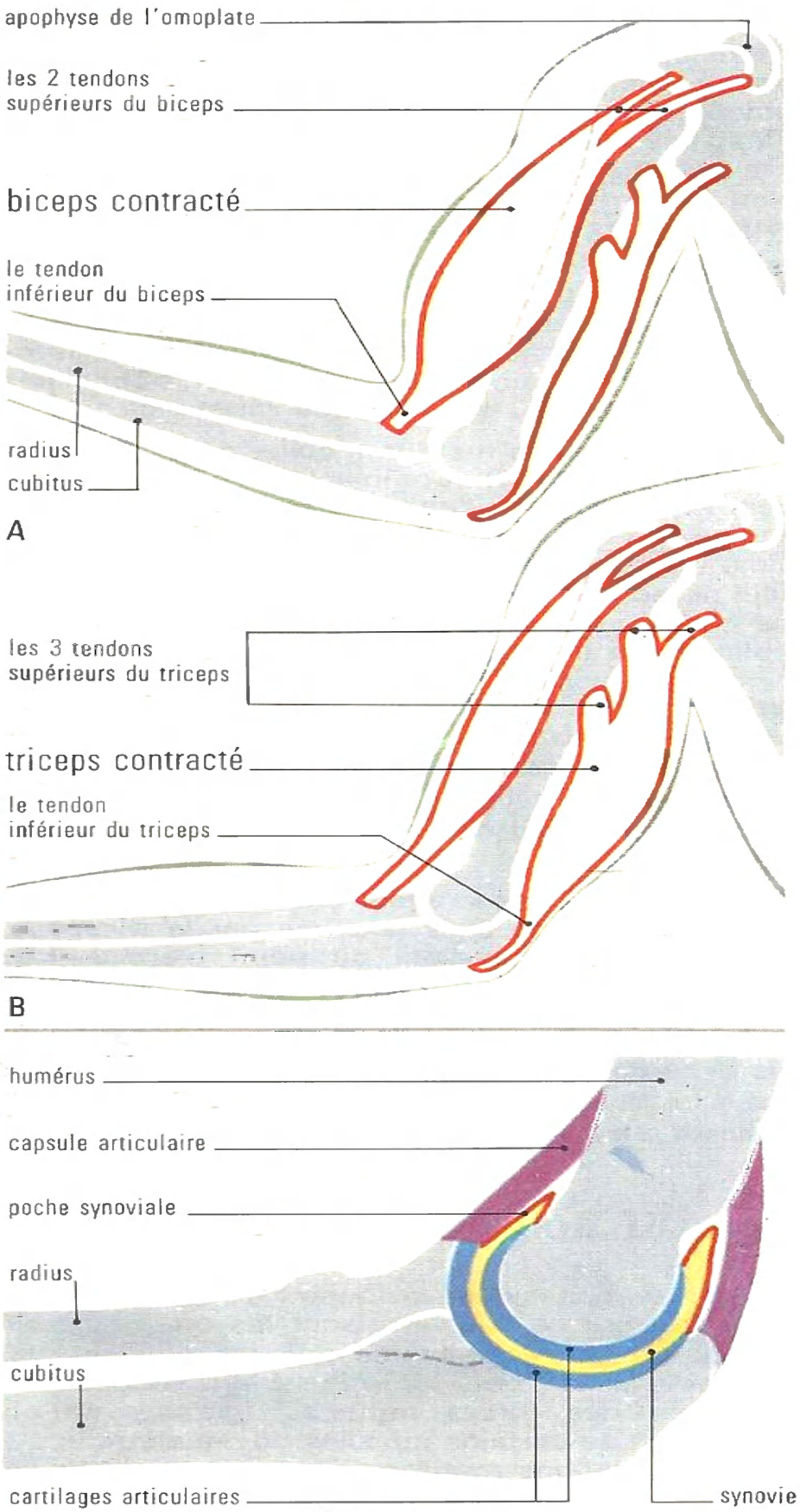
les points d'attache de ces muscles

Sur l' « écorché », il est facile d'observer que :
— à leur partie inférieure, le biceps et le triceps s'attachent aux os de l'avant-bras par un seul tendon ; mais le biceps s'attache au radius alors que le triceps est fixé au bout du cubitus **1** A ;
— à leur partie supérieure, le biceps s'attache par deux tendons à l'omoplate **1** A tandis que le triceps s'attache par trois tendons (deux sont fixés sur l'humérus et le troisième sur l'omoplate).

l'articulation intéréssée

Au cours des deux mouvements étudiés, les os de l'avant-bras semblent pivoter au niveau du coude. La structure de cette articulation **2** peut se déduire de l'observation des os d'un squelette humain et de la dissection d'un coude de mouton :
— l'épiphyse inférieure de l'humérus s'emboîte dans une cavité creusée dans l'extrémité du cubitus et bordée par la tête du radius ;
— l'épiphyse de l'humérus a la forme d'une poulie ; c'est pourquoi le cubitus se déplace seulement dans un plan comme une branche de compas ;
— les os en contact sont solidement maintenus par des ligaments formant une capsule articulaire ;
— le glissement des os est facilité du fait de l'existence de cartilages articulaires lisses et de la synovie qui lubrifie les surfaces en contact.

L'articulation du coude permet le déplacement du cubitus et du radius par rapport à l'humérus, mais dans un seul plan.



1 deux muscles du bras

A Sur quoi s'attache le tendon inférieur du biceps ? et ses deux tendons supérieurs ?

Quand le biceps se contracte, sa partie supérieure peut-elle se déplacer ? Dites pourquoi. Alors, que provoque la contraction ? Pourquoi le cubitus est-il entraîné ?

B Sur quoi s'attache le tendon inférieur du triceps ? et ses trois tendons supérieurs ?

Quand le triceps se contracte, sur quoi tire-t-il ? Alors, que se produit-il ?

Pourquoi dit-on que le biceps et le triceps sont antagonistes ?

Le mouvement d'extension de l'avant-bras est limité parce que le bout du cubitus vient buter dans une fossette de l'humérus.

Ceps vient d'un mot latin : caput, tête (ici, partie supérieure). Alors, pourquoi a-t-on appelé biceps et triceps les muscles étudiés ?

2 schéma de l'articulation du coude

Le radius est-il dans le plan de la coupe ?

De quoi est formée la capsule articulaire ?

La poche synoviale est une fine membrane qui tapisse la face interne de la capsule articulaire. Cette poche contient un liquide filant, visqueux, la synovie, qui joue le même rôle que l'huile dans les engrenages.

le mécanisme de la flexion

Lors de la flexion de l'avant-bras sur le bras :
— le biceps se contracte, c'est-à-dire se raccourcit ; comme ses tendons supérieurs sont attachés à l'omoplate qui reste fixe, son extrémité inférieure se déplace et tire le radius vers le haut ;
— le radius entraîne le cubitus et les deux os forment un levier **4** A qui tourne autour d'un point d'appui (l'articulation du coude).

Deux forces F et R s'appliquent à ce levier **4** A :
— la force F, traction exercée par le biceps, est dite force motrice, car elle provoque le mouvement ;
— la force R est le poids de l'avant-bras et de ce qui charge la main ; cette force, qui s'oppose à l'action du biceps, est nommée résistance.

Quand l'avant-bras reste immobile, on a l'égalité : $F \times OM = R \times ON$. Comme OM mesure environ 4 cm et que ON mesure de 25 à 30 cm, la force motrice doit être 7 fois plus grande que la résistance. Mais, lorsque le biceps se raccourcit de 1 cm, la main se soulève de 7 cm ; c'est pourquoi on dit que : ce que l'on perd en force, on le gagne en déplacement et aussi en rapidité du mouvement.

Lors de la flexion de l'avant-bras sur le bras, le biceps se contracte et tire le radius vers le haut ; le radius entraîne le cubitus et les deux os forment un levier inter-moteur puisque la force motrice s'exerce entre le point d'appui (le coude) et l'endroit où s'exerce la résistance (la main).

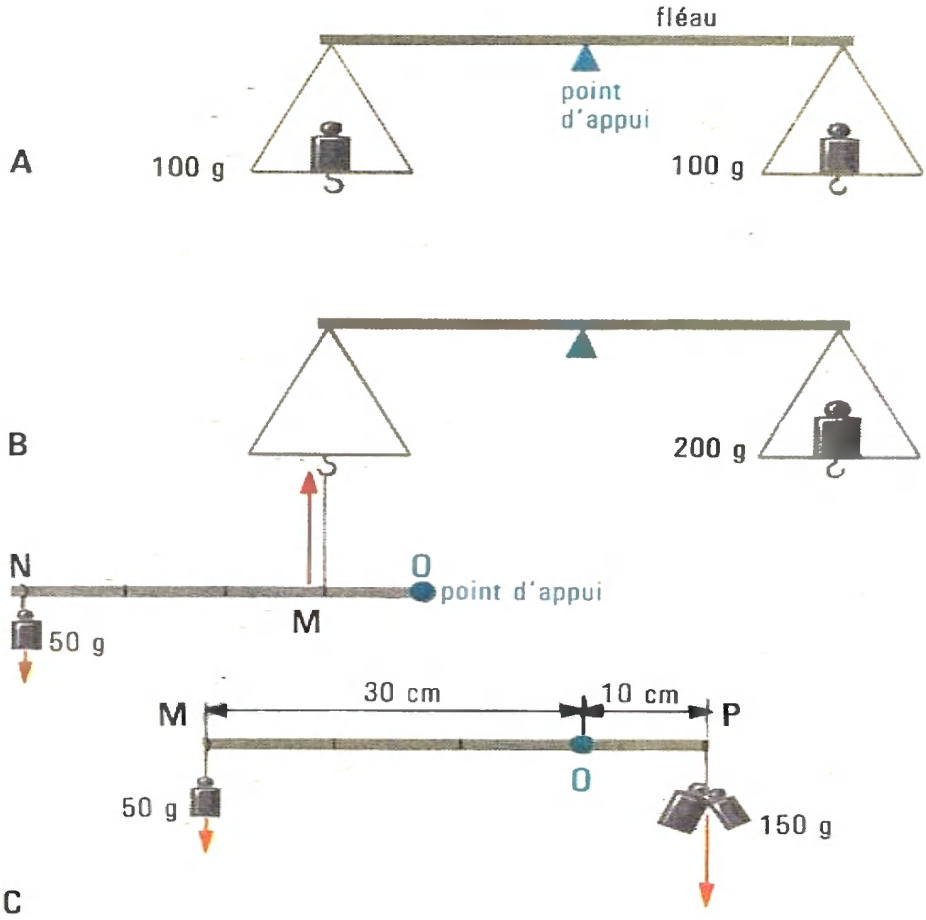
le mécanisme de l'extension

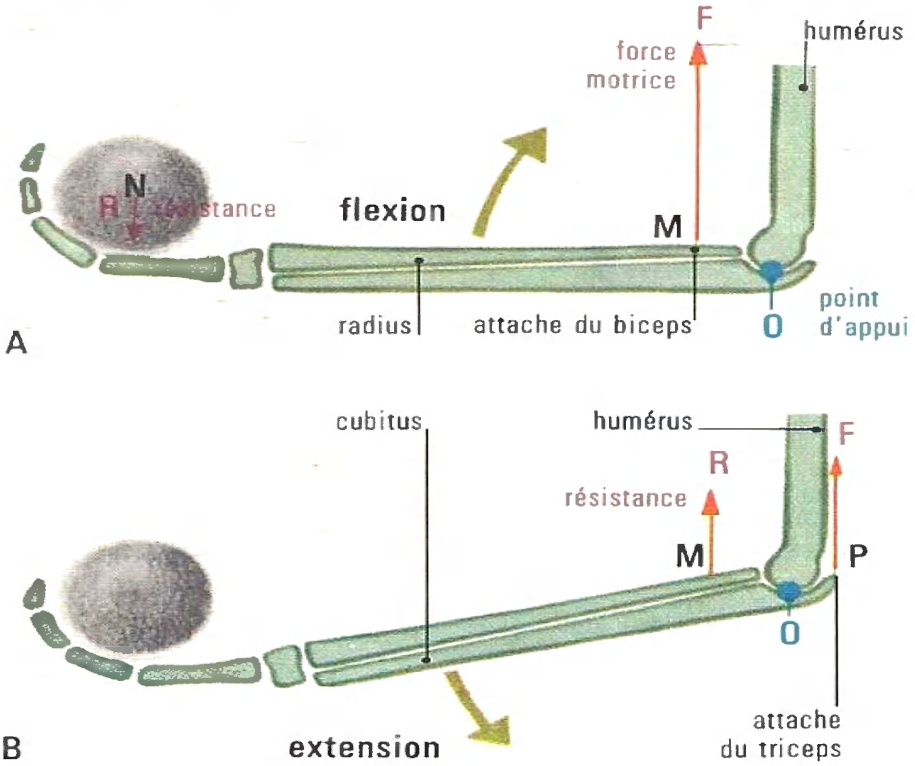
Lors de l'extension de l'avant-bras sur le bras :
— la force motrice F est exercée par le triceps et la traction a lieu au-delà du point d'appui **4** B ;
— la résistance R est fournie par le biceps qui s'oppose à la chute de l'avant-bras ; ainsi :

Lors de l'extension de l'avant-bras, le point d'appui est situé entre les points où s'exercent la force motrice et la résistance : les os jouent le rôle d'un levier inter-appui.

II Le rôle respectif des muscles et des os

Nos observations nous permettent de conclure que :
— les muscles du squelette sont les organes actifs de nos mouvements tandis que les os sont des organes passifs ; ce sont des leviers sur lesquels s'exercent des forces motrices fournies par la contraction de certains muscles du squelette ;
— les articulations mobiles (coude, genou, épaule) jouent le rôle de points d'appui pour ces leviers.





3 propriétés des leviers

Un levier est une barre rigide mobile autour d'un point d'appui.

A Le fléau d'une balance à plateaux suspendus est un levier à bras égaux. A quelle condition le fléau est-il horizontal ?

B Si OM représente une unité de longueur, que mesure ON ?
Quelle est la valeur du rapport entre les forces appliquées en M et en N ? Que remarquez-vous ? Concluez !

C Le point d'appui est-il placé comme en **B** ?
Faites les produits : 150 × 10 et 50 × 30 ; que constatez-vous ? Qu'en concluez-vous lorsque les deux bras du levier sont inégaux?

4 nos os jouent le rôle de leviers

A Pendant la flexion, les os de l'avant-bras jouent le même rôle que le levier 3 B.
Si OM = 4 cm et si ON = 28 cm :

- quelle est la valeur du rapport F/R ?
- si le biceps se raccourcit de 1 cm, de combien se soulève la main ? Concluez !

B Pendant l'extension, les os de l'avant-bras jouent le même rôle que le levier 3 C; le rapport F/R a-t-il la même valeur que lors de la flexion du bras ?

5 le système nerveux

Observations

ouvrons un crâne de mouton

1 La masse rose est l'encéphale; voyez :
- le cerveau **f**, divisé en deux parties, et le cervelet **h**;
- le nerf optique **a** et les muscles **d** qui font mouvoir l'œil.

2 A la surface de l'encéphale remarquez une fine membrane **g**, appelée méninge interne.

3 Entre l'encéphale et la boîte crânienne, distinguez la méninge moyenne **c** et la méninge externe **b**. Celle-ci est une membrane fibreuse, adhérente aux os; quel est son rôle ?

4 Dans l'os frontal, remarquez les sinus.

observez la face dorsale de l'encéphale

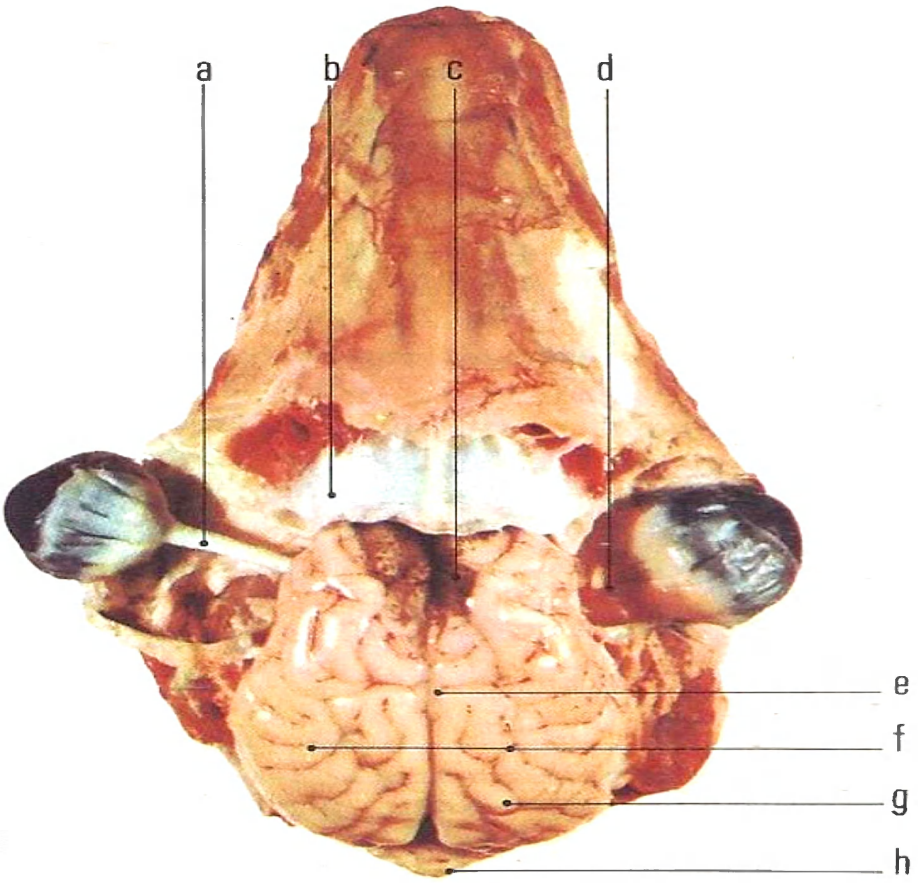
1 Sachez reconnaître :
- les deux hémisphères cérébraux séparés par le sillon médian **e**;
- le cervelet partagé en trois lobes : un lobe médian **m** et deux lobes latéraux **n**;
- le bulbe rachidien **p**;
- les sillons **k** qui parcourent la surface des hémisphères.

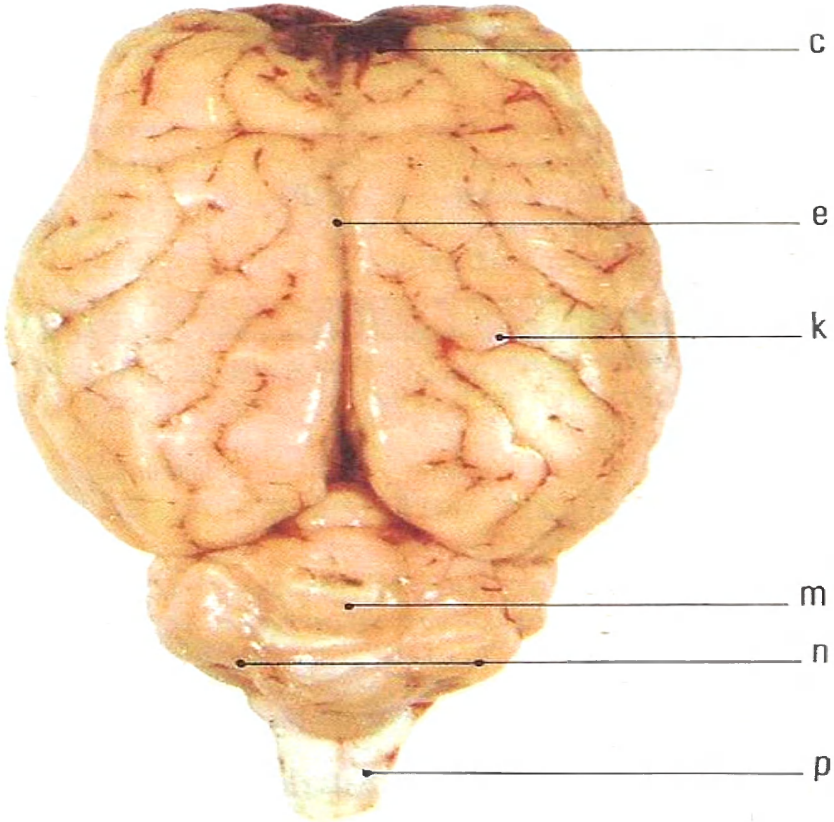
2 Regardez p. 5 : par quoi le bulbe rachidien se prolonge-t-il ?

3 Avec une pince à dissection, essayez de soulever la méninge interne : est-ce facile ? Qu'existe-t-il dedans ?

4 Que représentent les lambeaux noirâtres **c** ?

Dessinez la face dorsale de l'encéphale et annotez votre dessin.

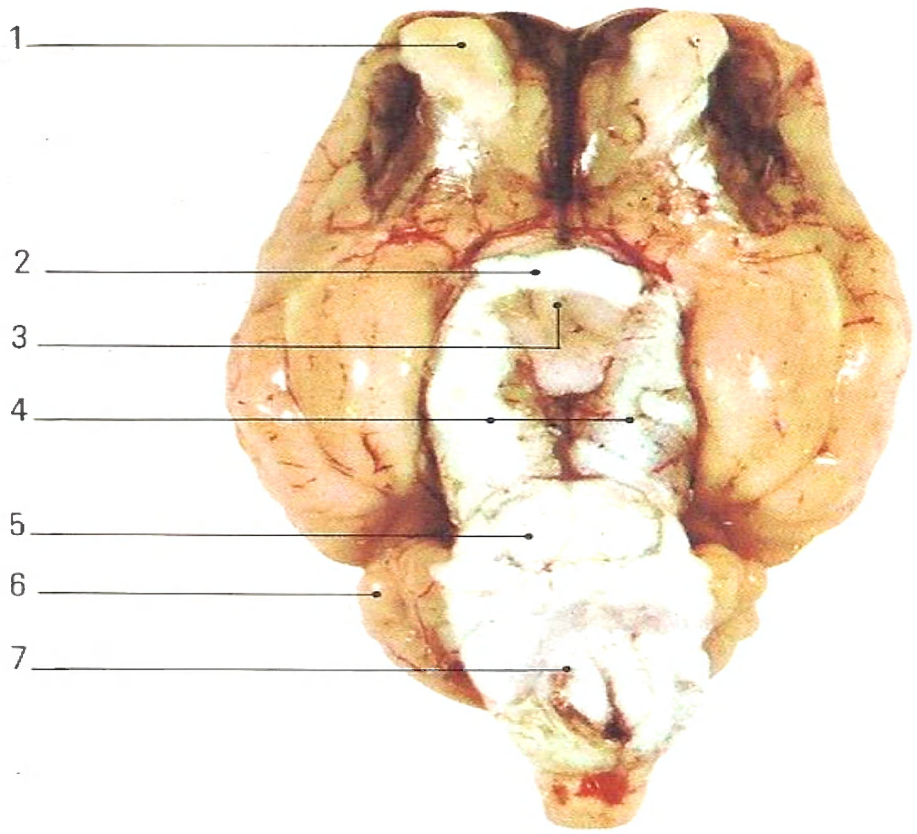




observez la face ventrale de l'encéphale

1 Sachez reconnaître :
- la face inférieure du cerveau et du cervelet;
- les deux gros cordons blancs 4, l'anneau 5 qui entoure le bulbe 7;
- les nerfs optiques 2 qui se croisent sous l'encéphale;
- les renflements olfactifs 1. Regardez p. 5 : comment sont les renflements olfactifs de la souris? Par quoi se prolongent-ils?
- les restes d'une glande, l'hypophyse 3, qui a été arrachée quand on a extrait la cervelle.

2 Comparez la couleur des différentes parties : que remarquez-vous? Dessinez la face inférieure de l'encéphale.



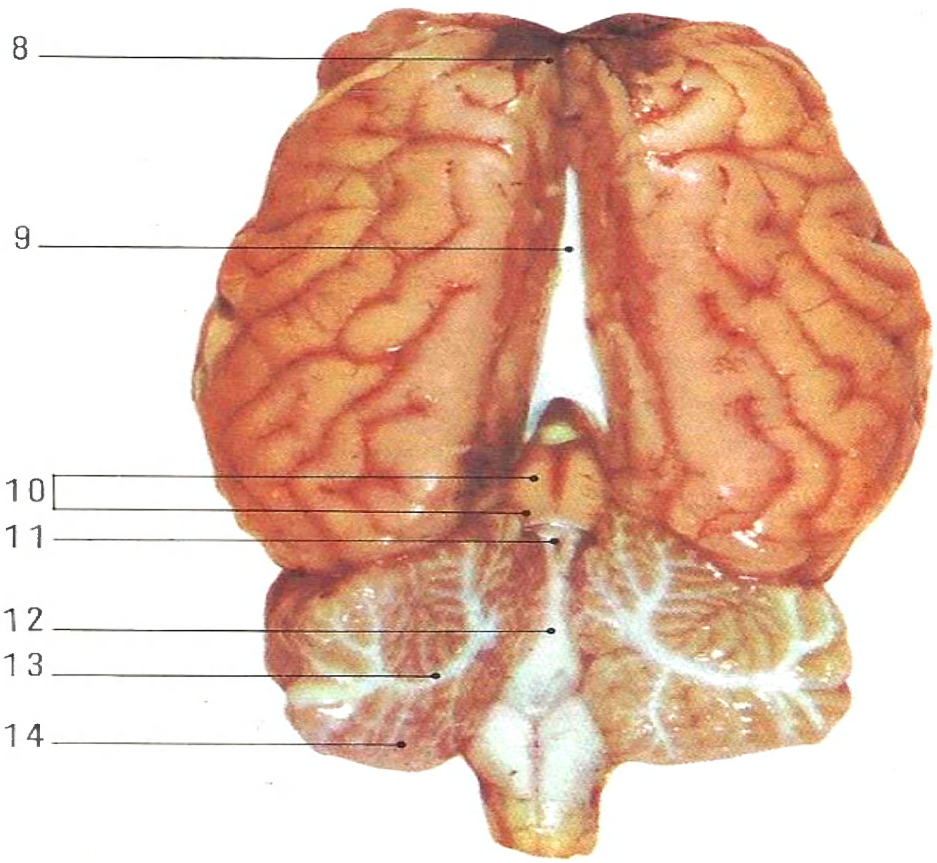
dissection de l'encéphale de mouton

1 Avec une fine pince à dissection, arrachez la méninge interne au niveau du sillon 8; puis, avec une sonde, écartez les hémisphères en évitant de déchirer la lame blanche 9 qui les unit.

2 Avec une lame de rasoir, fendez le cervelet en son milieu.

3 Sachez reconnaître :
- les quatre tubercules 10; en avant, la petite masse ronde et rouge est l'épiphyse;
- la cavité du bulbe 12;
- la substance blanche 13 et la substance grise 14 du cervelet.

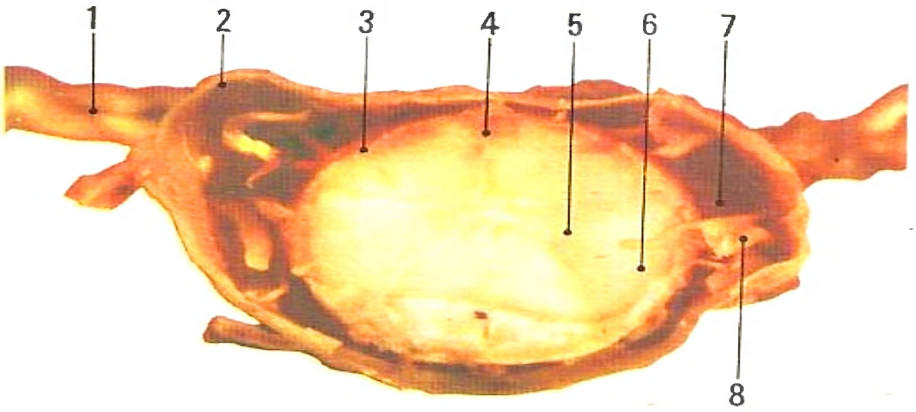
4 Sectionnez la moelle : que distinguez-vous? Dessinez votre dissection et annotez correctement votre dessin.



observez un fragment de moelle

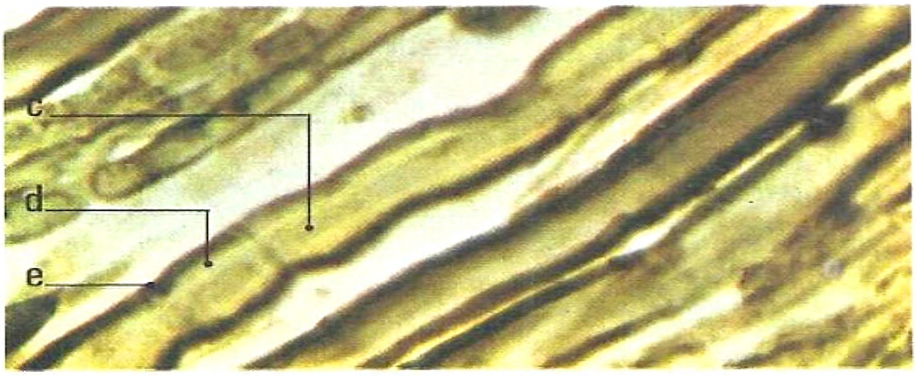
C'est un fragment de moelle épinière de bœuf conservé dans le formol (pour le durcir), puis coupé en travers. Distinguez :

- les nerfs rachidiens 1, comment sont-ils disposés ?
- les enveloppes, ou méninges, de la moelle : l'externe 2 et l'interne 3 ; entre elles 7, il existait un liquide ;
- le sillon antérieur 4, la racine postérieure 8 d'un nerf rachidien, la substance grise 5 et la substance blanche 6.



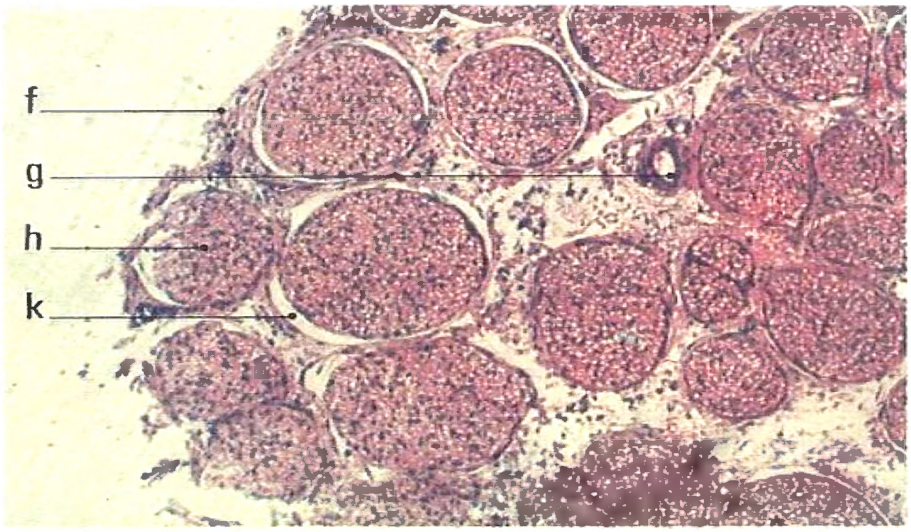
dissociez un nerf

Sur une lame porte-objet, mettez une goutte d'eau et un fragment de nerf de grenouille ou de souris. Maintenez une extrémité du nerf avec une pince et passez, de nombreuses fois, une épingle, comme pour peigner le nerf. Remarquez les fibres nerveuses qui le constituent. Recouvrez d'une lamelle et observez la préparation au microscope. Distinguez une fibre nerveuse **c**, son manchon de graisse **d** et son enveloppe **e**.



observez une coupe de nerf rachidien

Au faible grossissement du microscope, que distinguez-vous ? A quoi peut-on comparer la coupe d'un nerf ? Dessinez, en simplifiant, la coupe étudiée ; annotez votre dessin.



observez une préparation à la loupe

A la loupe binoculaire, observez une coupe de moelle épinière de chat (préparation microscopique du commerce, colorée).

1 Comparez cette coupe au fragment de moelle de bœuf : comment appelle-t-on les deux parties 3 et 4 ?

2 Sachez reconnaître :
- les restes de la méninge moyenne 2 ;
- le sillon antérieur 1, le sillon postérieur 8 ;
- le canal rachidien 5 ;
- les cornes antérieures 4 et postérieures 6 de la substance grise ;
- le début de la racine postérieure 7 d'un nerf rachidien.

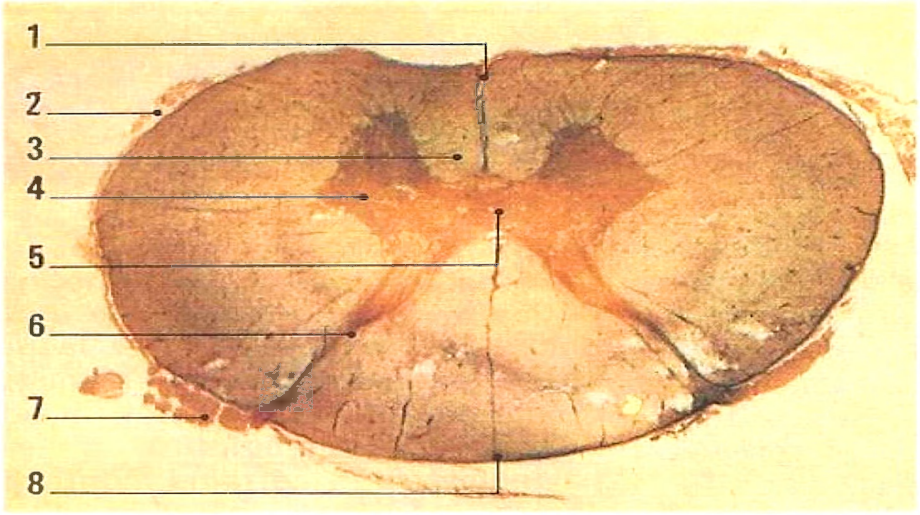
Dessinez une vue d'ensemble de la coupe et annotez votre dessin.

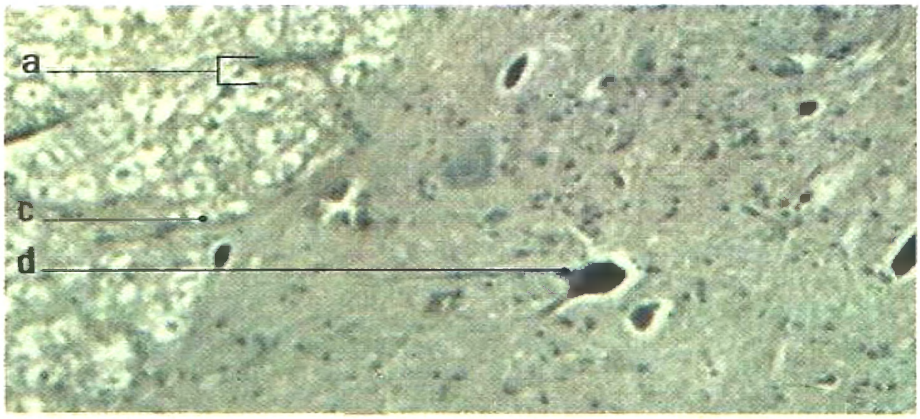
observez la même coupe au microscope

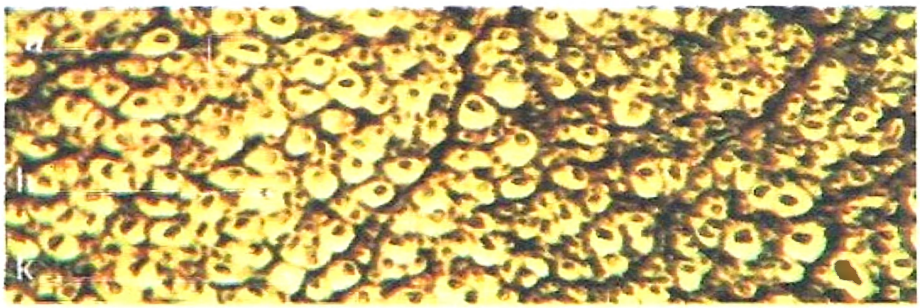
1 Dans une corne antérieure, recherchez des cellules appelées corps cellulaires.

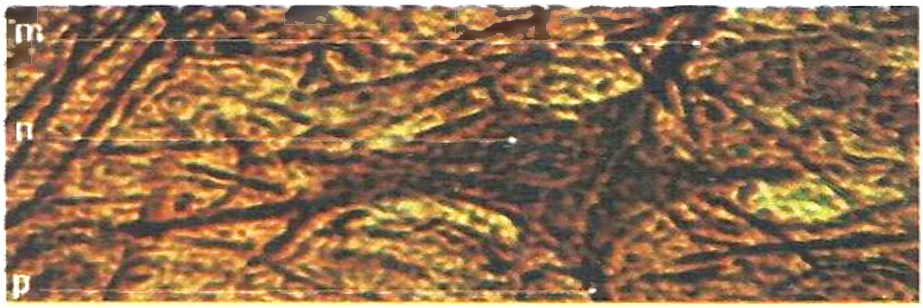
2 Dans la substance blanche, observez des fibres nerveuses coupées en long **c** et d'autres en travers **a**.

3 Au grossissement le plus fort du microscope, observez :
- des fibres nerveuses **h** entourées d'une zone claire **k** ; il y avait un manchon de graisse, mais celle-ci a été dissoute par l'alcool utilisé pour faire la préparation ;
- des corps cellulaires ; distinguez le noyau **n**, les prolongements **m** et **p** du cytoplasme.









le système nerveux

I Vue d'ensemble sur le système nerveux

d'après la dissection d'un mammifère

La dissection d'une souris (page 5) nous a permis de constater que le système nerveux comprend :
— des centres nerveux : ce sont l'encéphale, logé dans la boîte crânienne, et la moelle épinière protégée par les vertèbres. L'encéphale et la moelle épinière sont disposés bout à bout : ils constituent l'axe cérébro-rachidien :
— des nerfs : certains sont reliés à l'encéphale (nerfs crâniens), d'autres sont rattachés à la moelle épinière (nerfs rachidiens) ;
— des organes des sens (œil, oreille, fosses nasales...) reliés aux centres nerveux par des nerfs.

Le système nerveux cérébro-rachidien comprend des centres nerveux (l'encéphale et la moelle épinière), des nerfs (nerfs crâniens et nerfs rachidiens), et les organes des sens.

d'après l'observation de l' « écorché »

Elle montre que le système nerveux cérébro-rachidien de l'homme **1** comprend les mêmes parties que celui de la souris.
Il existe aussi, de même que chez la souris, un autre système nerveux, dit système nerveux végétatif parce qu'il assure le fonctionnement des organes.

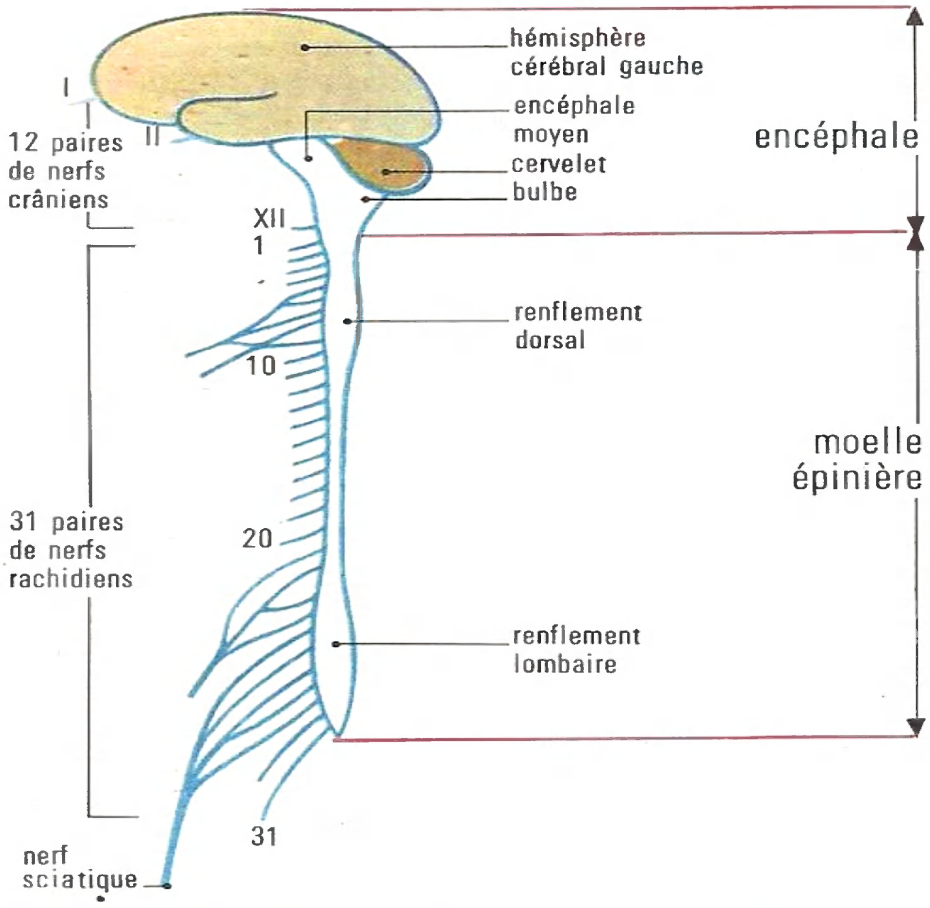
II L'encéphale

L'étude d'un encéphale de mouton permet d'avoir une vue d'ensemble de l'organisation de l'encéphale.

ce que montre l'examen externe

Sur la surface dorsale de l'encéphale de mouton, on distingue le cerveau, le cervelet, le bulbe rachidien.
Le cerveau est la partie la plus volumineuse de l'encéphale ; une fente médiane le partage en deux hémisphères cérébraux. Leur surface présente des sillons contournés dont la disposition n'est pas la même chez l'homme que chez le mouton.
Le cervelet est recouvert en partie par le cerveau ; il est formé d'un lobe médian et de lobes latéraux.
Le bulbe rachidien relie l'encéphale à la moelle.

Sur la face ventrale de l'encéphale **2**, on voit :
— deux gros cordons blancs (m et n) reliant le bulbe et le cervelet au cerveau ; ces cordons blancs appartiennent à l'encéphale moyen ;
— des nerfs crâniens, notamment les nerfs optiques.



1 schéma du système nerveux de l'homme

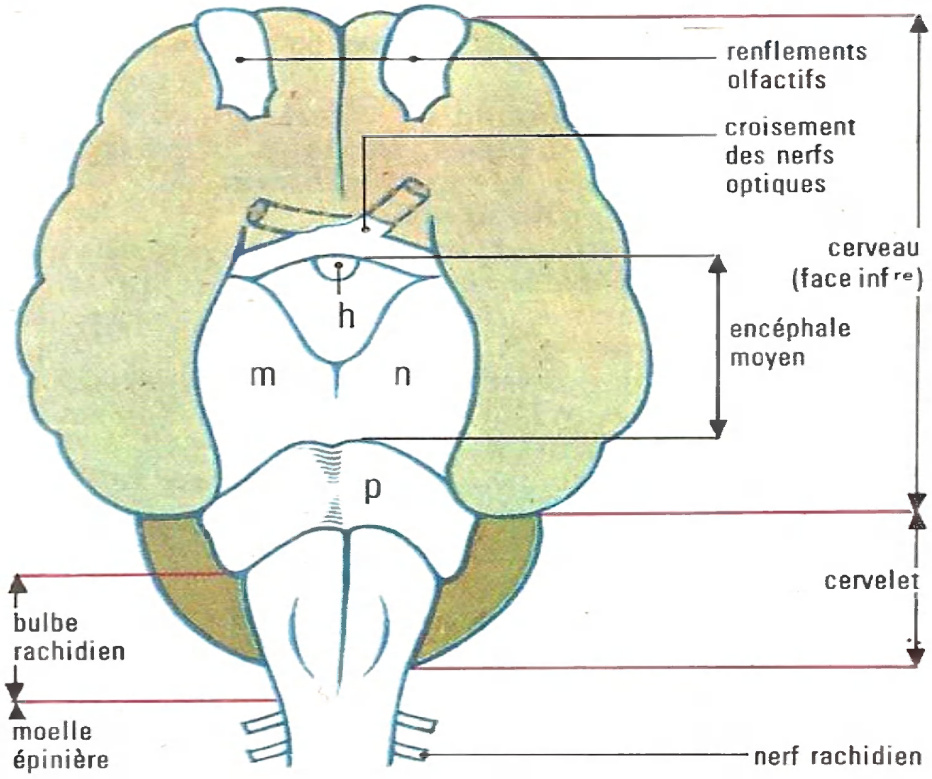
Il est vu de profil. Quelles sont les deux parties des centres nerveux ? Où est logé l'encéphale ? la moelle ?

L'encéphale, de même que la moelle épinière, est entouré de trois méninges (citez-les). Leur inflammation est une très grave maladie, la méningite.

Quelles sont les quatre parties de l'encéphale ? Quelles sont celles qui sont constituées de substance blanche à l'extérieur ? et de substance grise ?

Combien existe-t-il de nerfs crâniens ? et de nerfs rachidiens ?

Pourquoi dit-on que les nerfs rachidiens sont disposés par paires ?



2 face ventrale de l'encéphale de mouton

Nommez les quatre parties de l'encéphale. Sont-elles toutes visibles sur la face dorsale de l'encéphale ?

Remarquez les deux gros cordons blancs **m** et **n** et l'anneau de substance blanche **p** qui relie les parties latérales du cervelet.

Quand on extrait l'encéphale, les nerfs optiques sont souvent sectionnés de sorte que l'on voit mal le croisement des nerfs. De même, une petite glande (l'hypophyse **h**) a été arrachée, car elle était logée dans les os du crâne.

ce que montre la dissection de l'encéphale

La dissection de l'encéphale de mouton **3** montre que :
— le cerveau et le cervelet sont constitués par un tissu mou, gris à l'extérieur (substance grise) et blanc à l'intérieur (substance blanche) ;
— deux ponts de substance blanche, superposés, unissent les deux hémisphères cérébraux ;
— les hémisphères sont creusés chacun d'une cavité qui communique avec d'autres cavités se trouvant dans l'encéphale moyen et le bulbe. Ces cavités renferment un liquide clair (liquide céphalo-rachidien).

Le cerveau et le cervelet sont constitués de substance grise à l'extérieur et de substance blanche à l'intérieur.

III La moelle épinière et les nerfs rachidiens

observations faites sur la souris

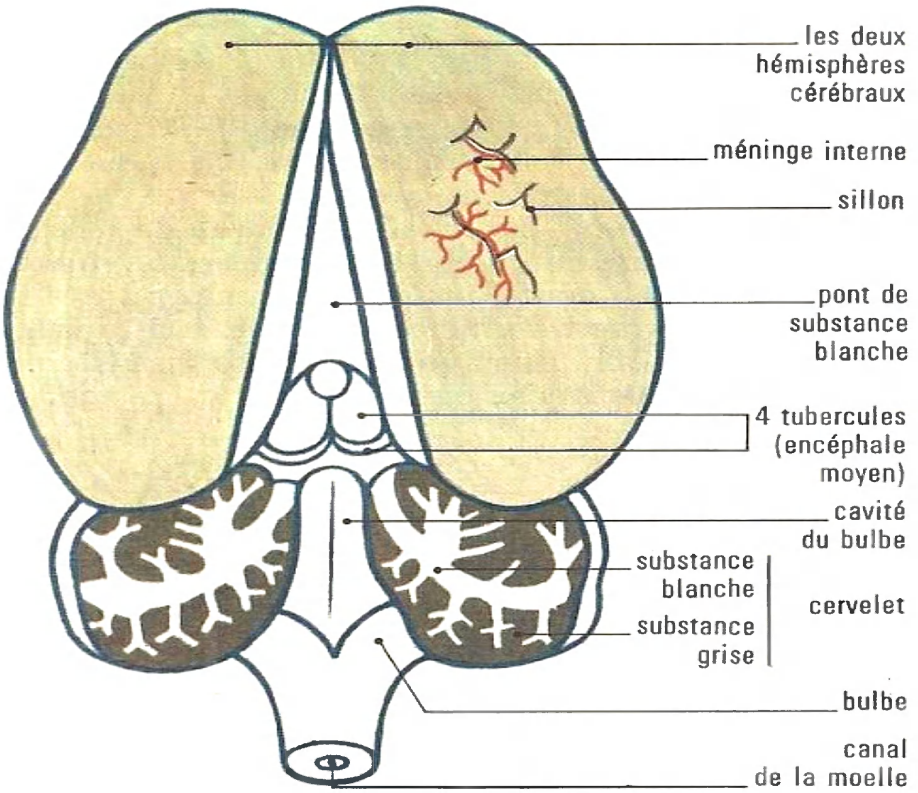
La dissection d'une souris (page 5) a montré que :
— la moelle épinière est un cordon blanc présentant deux renflements : l'un au niveau des membres antérieurs, l'autre vers l'extrémité de la moelle ;
— des nerfs se détachent de la moelle épinière, deux par deux (l'un à droite, l'autre à gauche) ; ainsi les nerfs rachidiens sont disposés par paires. Ils sortent par les trous situés entre les vertèbres;
— le nerf sciatique est formé par la réunion de plusieurs nerfs rachidiens.
Nos nerfs rachidiens sont disposés de même **1**.

Les nerfs rachidiens se détachent, par paires, de la moelle.

ce qu'on voit sur un fragment de moelle

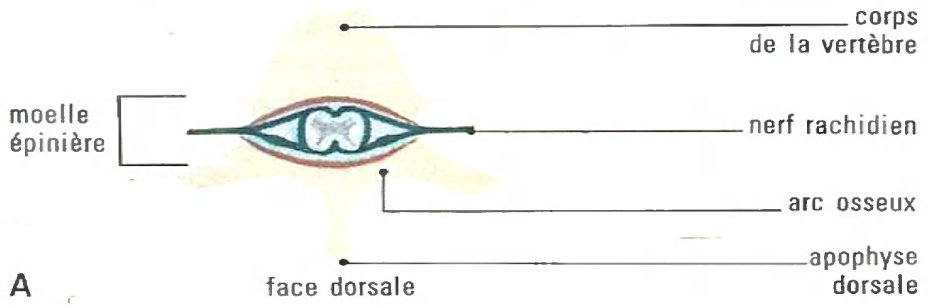
Sur un fragment de moelle de bœuf, on voit que :
— la moelle épinière présente deux sillons : un sillon antérieur large et peu profond, un sillon postérieur étroit et profond **4** B ;
— la moelle épinière est en relation avec chaque nerf rachidien par deux racines : une racine antérieure et une racine postérieure qui porte un renflement nommé ganglion rachidien ;
— la moelle épinière est constituée de substance blanche à la périphérie et, au centre, de substance grise qui est en forme de X ;
— au centre, il existe un canal ; il est en relation avec les cavités de l'encéphale et, comme elles, il contient du liquide céphalo-rachidien ;
— la moelle épinière est enveloppée, de même que l'encéphale, par trois membranes appelées méninges.

Sur un fragment de moelle épinière de bœuf, on voit que la moelle présente deux sillons et qu'elle est constituée de substance grise au centre et de substance blanche autour.



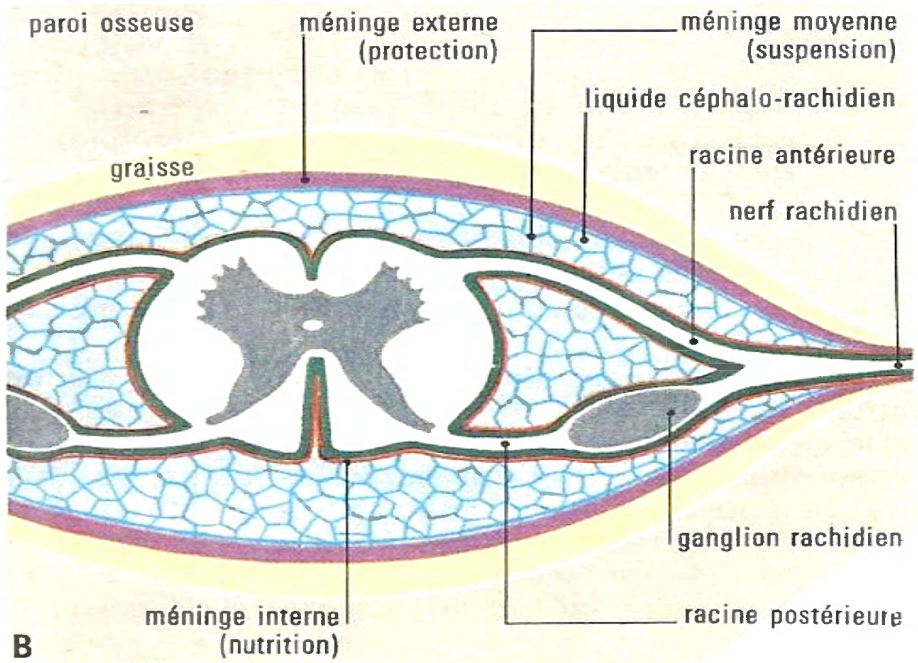
3 l'encéphale de mouton disséqué

On a écarté les hémisphères cérébraux et sectionné le cervelet. Remarquez le pont de substance blanche: il en existe un autre au-dessous. Ils sont formés de fibres nerveuses qui unissent les hémisphères cérébraux. La substance blanche du cervelet a été comparée au tronc et aux branches d'un arbre dont le feuillage est représenté par la substance grise: c'est pourquoi l'ensemble est appelé communément « arbre de vie ».



4 la moelle épinière

A Coupe en travers d'une vertèbre dorsale montrant la situation de la moelle et le départ des nerfs rachidiens (revoyez p. 19).



B Coupe en travers de la moelle en place dans une vertèbre.

Qu'existe-t-il entre la paroi osseuse de la vertèbre et la moelle ?

Quel est le rôle de chacune des méninges ?

les trois méninges

La méninge externe, fibreuse, résistante, constitue un manchon qui est séparé de la paroi osseuse des vertèbres par de la graisse **4** B.
La méninge moyenne, spongieuse, gorgée de liquide céphalo-rachidien, empêche la compression de la moelle épinière au cours des mouvements du tronc.
La méninge interne, très mince, accolée à la moelle, est parcourue par des vaisseaux sanguins qui apportent des substances nutritives et de l'oxygène.

IV Substance grise et substance blanche

Un nerf est blanc nacré ; la moelle et l'encéphale sont constitués à la fois de substance blanche et de substance grise ; recherchons une explication.

constitution d'un nerf

On met un fragment de nerf de grenouille ou de souris sur une lame porte-objet et, à l'aide d'une épingle que l'on passe dans le sens de la longueur, on dissocie le nerf. Au microscope, dans la préparation réalisée on observe des filaments : ce sont des fibres nerveuses. Chacune est entourée d'un manchon de graisse qui donne au nerf sa couleur.

Sur une coupe de nerf **5**, au microscope, on voit des faisceaux de fibres nerveuses; ces faisceaux sont séparés par du tissu conjonctif riche en graisse et sont entourés d'une gaine résistante; ainsi :

Un nerf est formé de faisceaux de fibres nerveuses ; les fibres sont isolées les unes des autres par un manchon de graisse.

structure de la moelle épinière

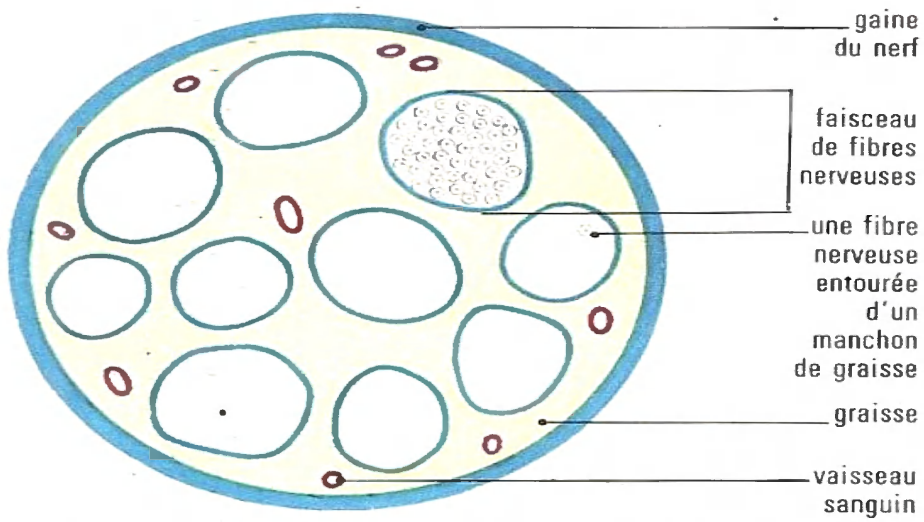
Au microscope, sur une coupe de moelle, on voit que :
— la substance blanche est formée de fibres nerveuses **6** B ; d'où la couleur de cette partie ;
— la substance grise contient des corps cellulaires portant des prolongements **6** C.

La moelle épinière est constituée de substance grise, qui contient des corps cellulaires, et de substance blanche formée de fibres nerveuses entourées d'un manchon de graisse.

ce que les savants ont établi

Les fibres nerveuses des nerfs et de la substance blanche de la moelle épinière sont rattachées aux corps cellulaires contenus dans la substance grise. L'ensemble formé par un corps cellulaire et une fibre nerveuse **7** A, ou parfois deux fibres nerveuses **7** B, est une cellule nerveuse ou neurone.

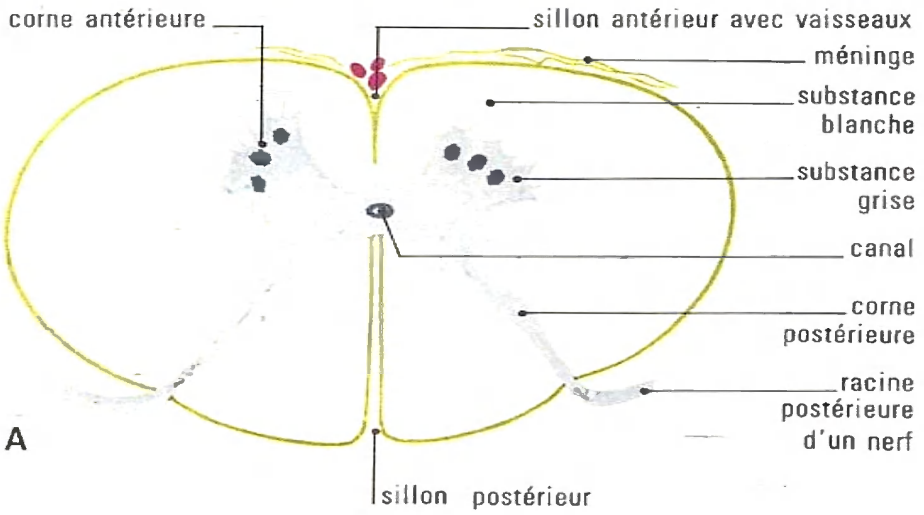
Une cellule nerveuse, ou neurone, est une cellule qui porte un long prolongement (parfois deux) nommé fibre nerveuse.



5 coupe en travers d'un nerf rachidien

Sur ce schéma, les faisceaux de fibres sont beaucoup moins nombreux qu'en réalité (revoyez page 52).

Chaque fibre nerveuse est entourée d'un manchon de graisse blanche qui l'isole des fibres voisines. On peut comparer la coupe d'un nerf à celle d'un câble électrique.

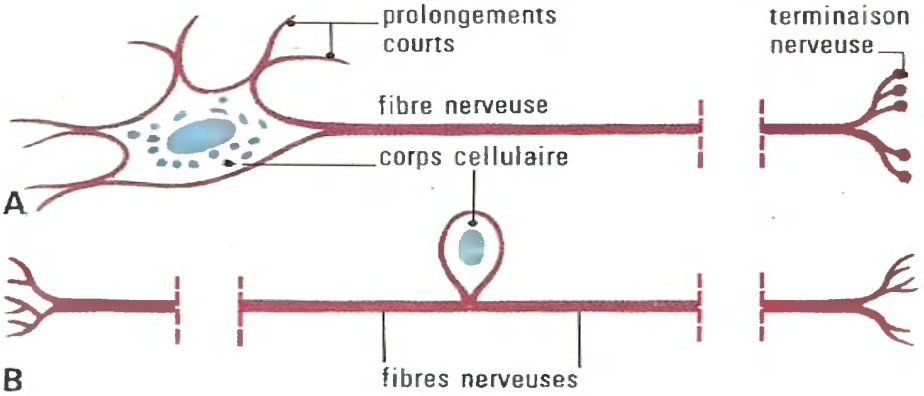


6 ce qu'on voit sur une coupe de moelle épinière

A Coupe de moelle épinière de chat, vue à la loupe binoculaire : à quelle lettre peut-on comparer la forme de la substance grise ?

B La substance blanche vue au microscope. De quoi est-elle formée ? A quoi la substance blanche doit-elle sa couleur ?

C La substance grise vue au microscope. On y voit un corps cellulaire pourvu de plusieurs prolongements.

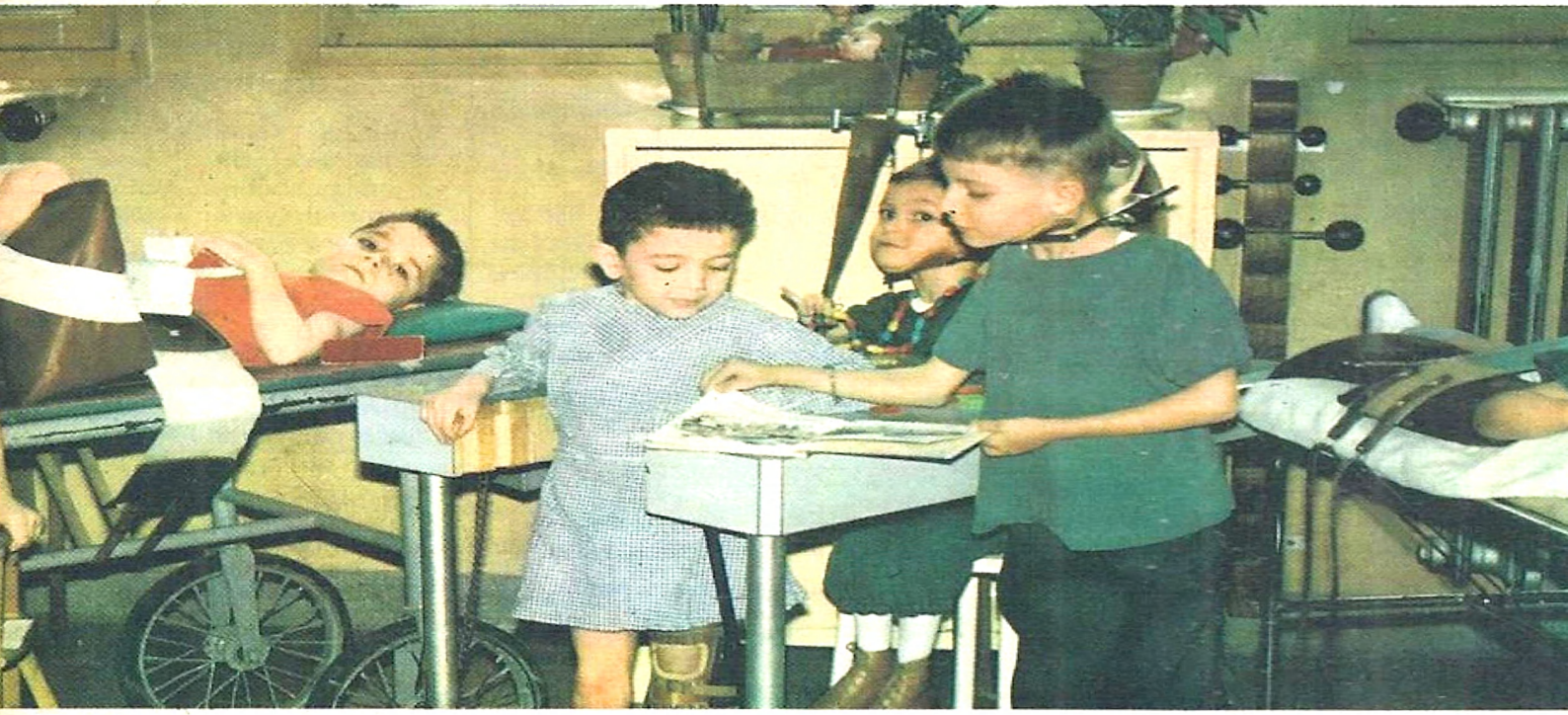


7 deux types de neurones

A Le corps cellulaire de ce neurone se trouve dans la corne antérieure de la moelle. La fibre nerveuse s'entoure de graisse et fait partie d'un nerf.

B Le corps cellulaire est situé dans un ganglion rachidien.

6 l'activité nerveuse



Nos organes des sens (la peau, les yeux, les oreilles, le nez, la langue) nous permettent de toucher, de voir, d'entendre, de sentir, de goûter : c'est ce qu'on appelle la sensibilité consciente ; on la suspend par l'anesthésie.

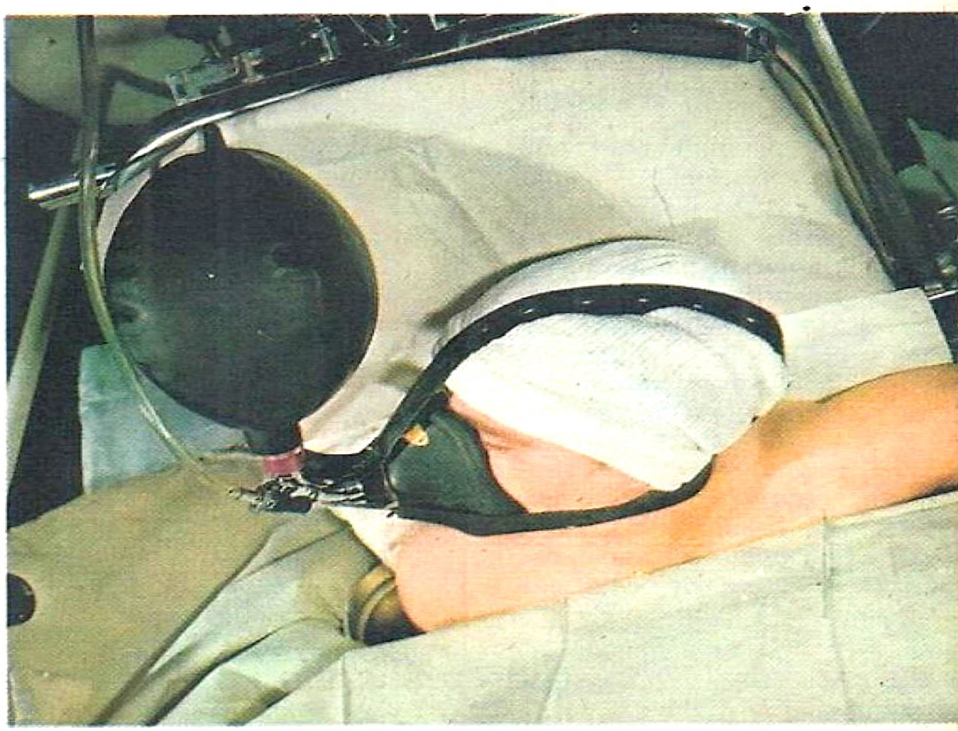
Quand nous prenons un crayon pour écrire ou pour dessiner, c'est un mouvement que nous exécutons volontairement ; on dit que c'est un mouvement volontaire.

Quand, par mégarde, nous posons la main sur un objet très chaud, nous retirons immédiatement la main grâce à une flexion de l'avant-bras sur le bras. Cette flexion se produit indépendamment de notre volonté : c'est un mouvement réflexe. Il en est de même du réflexe rotulien (par quoi est-il caractérisé ?).

La sensibilité consciente, les mouvements volontaires et les mouvements réflexes sont des manifestations de l'activité nerveuse ; mais il en existe d'autres (intelligence, langage, mémoire...) que nous n'étudierons pas.

A la rééducation des poliomyélitiques

La poliomyélite est une maladie causée par un virus qui détruit des cellules nerveuses de la moelle; il en résulte une dégénérescence de certains nerfs et l'atrophie des muscles innervés par ces nerfs. Grâce à une rééducation des muscles et à un appareillage, les malades peuvent recouvrer une partie des mouvements.

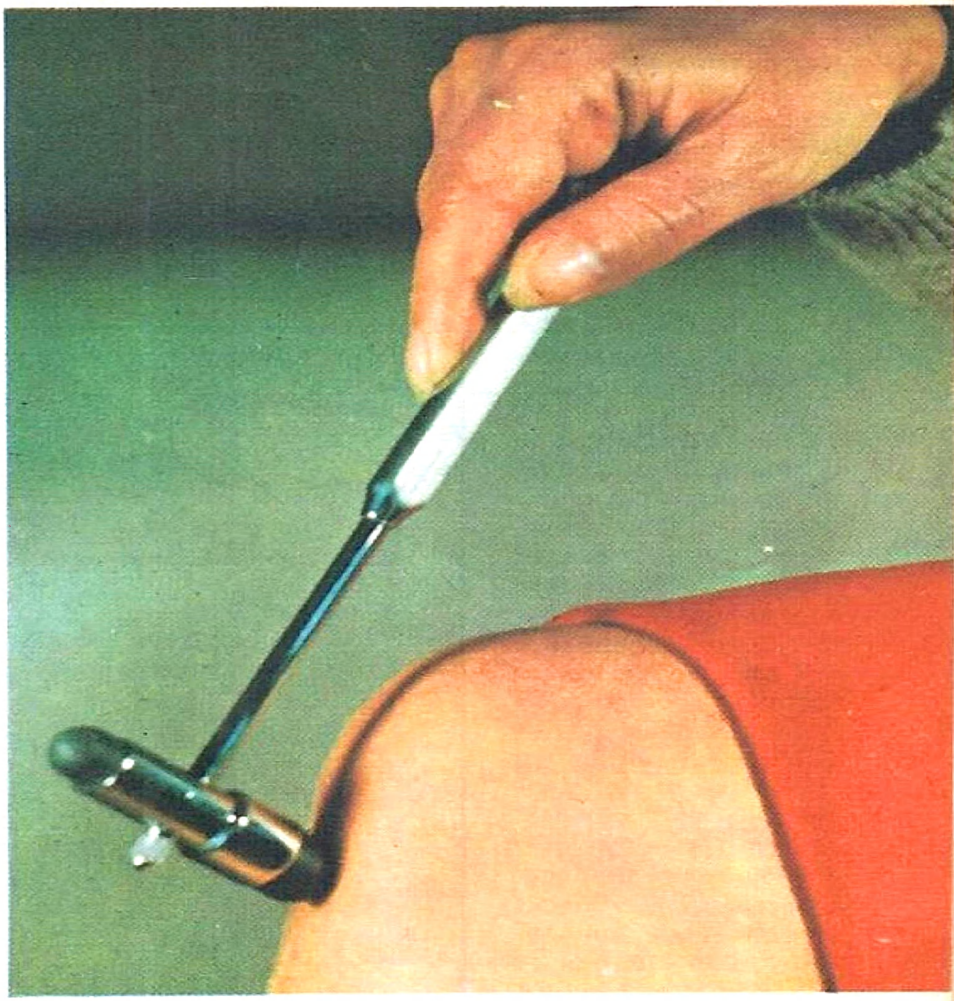


B la suppression de l'activité nerveuse

Avant d'effectuer une intervention chirurgicale, afin d'éviter tout mouvement et la douleur, on supprime la sensibilité générale : c'est l'anesthésie générale; elle peut s'obtenir par inhalation de vapeurs d'éther.

C le réflexe rotulien

Si l'on est assis sur le bord d'une table, les jambes pendantes, un coup sec sous la rotule fait projeter le pied en avant. Ce mouvement est indépendant de la volonté : c'est un réflexe.



Observations

observez un œil de bœuf

1 Par quoi l'œil est-il protégé ?

2 La fine peau qui tapisse l'intérieur des paupières se prolonge devant l'œil et devient transparente : c'est la conjonctive.

3 Observez la membrane blanche ou sclérotique **c** ; en avant, elle devient transparente : c'est la cornée **d**.

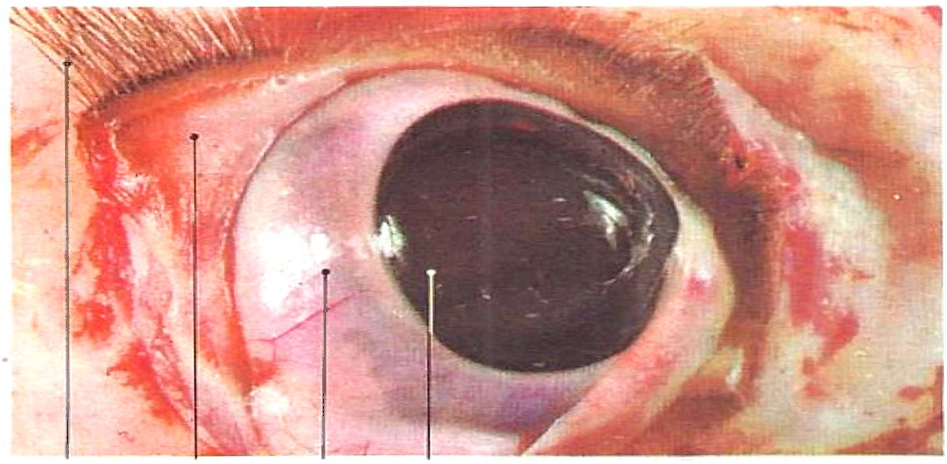
4 Regardez l'iris et la pupille **e** ; quelle est la forme de celle-ci ?

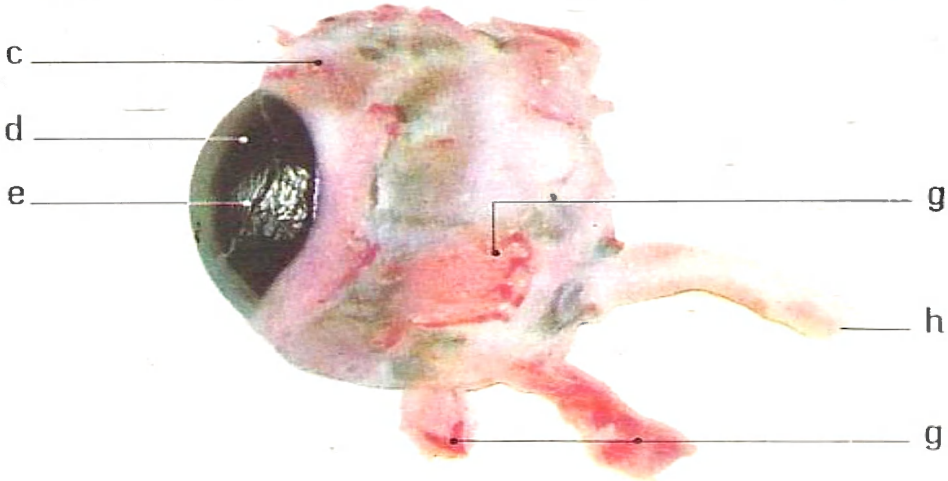
isolez les muscles

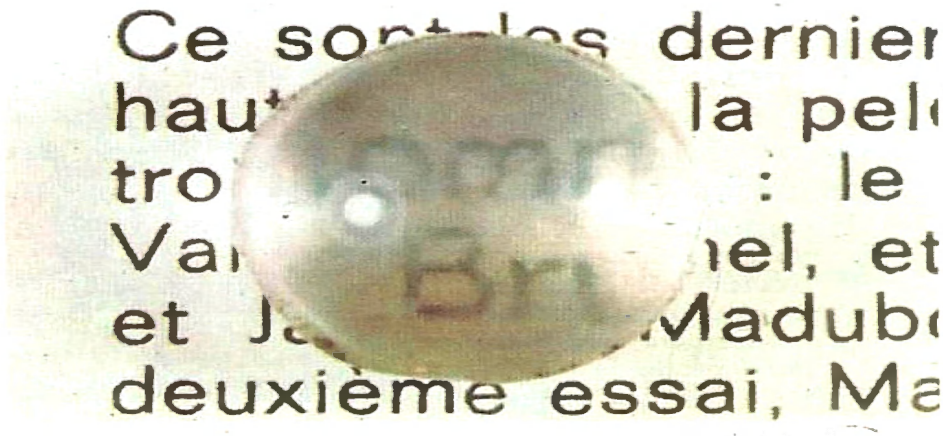
- Observez comment les muscles **g** sont fixés sur le globe oculaire et recherchez le rôle de chacun d'eux.
- Observez le nerf optique **h** : par quoi est-il protégé ?

disséquez le globe oculaire

- Enlevez les lambeaux de muscles, puis coupez la paroi du globe oculaire de façon à obtenir deux calottes égales ; séparez-les.
- Versez le contenu de la calotte antérieure sur une soucoupe et sachez reconnaître :
  — le cristallin **k** ;
  — l'humeur vitrée **n** ;
  — la trace **m** des procès ciliaires : ce sont des replis contenant des vaisseaux sanguins.
- Détachez le cristallin et posez-le sur le texte d'un journal : que remarquez-vous ?





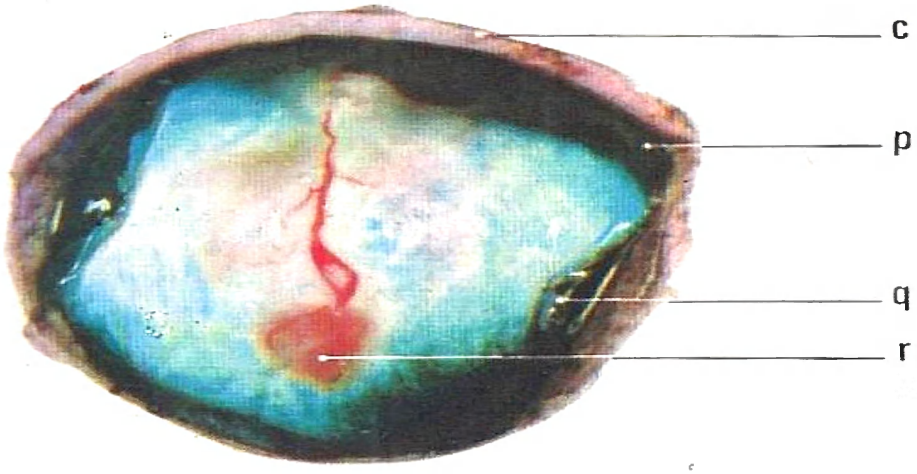


observez la calotte postérieure

1 Distinguez la sclérotique **c**, la choroïde **p** qui transforme l'intérieur de l'œil en chambre noire, et la rétine **q**.

2 Observez le point aveugle **r** où la rétine donne naissance au nerf optique et où des vaisseaux s'épanouissent dans la rétine.

3 Remarquez la tache bleu vert de la choroïde ; elle n'existe pas chez l'homme.



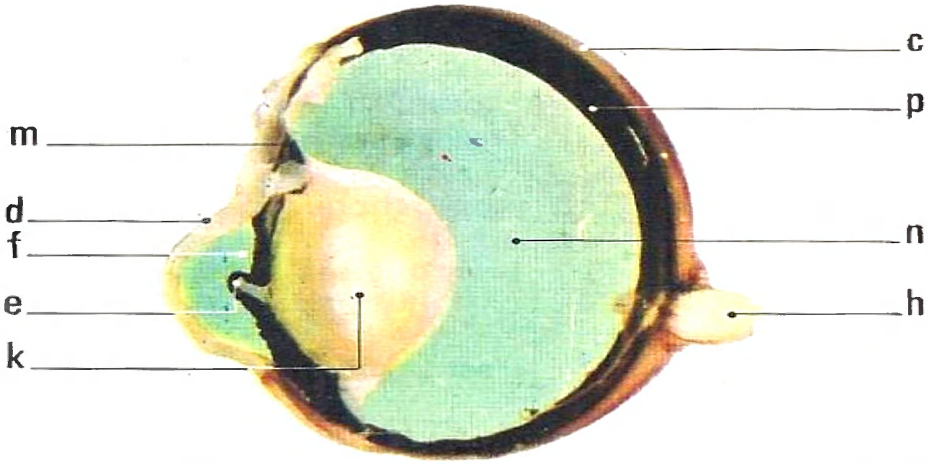
la coupe de l'œil

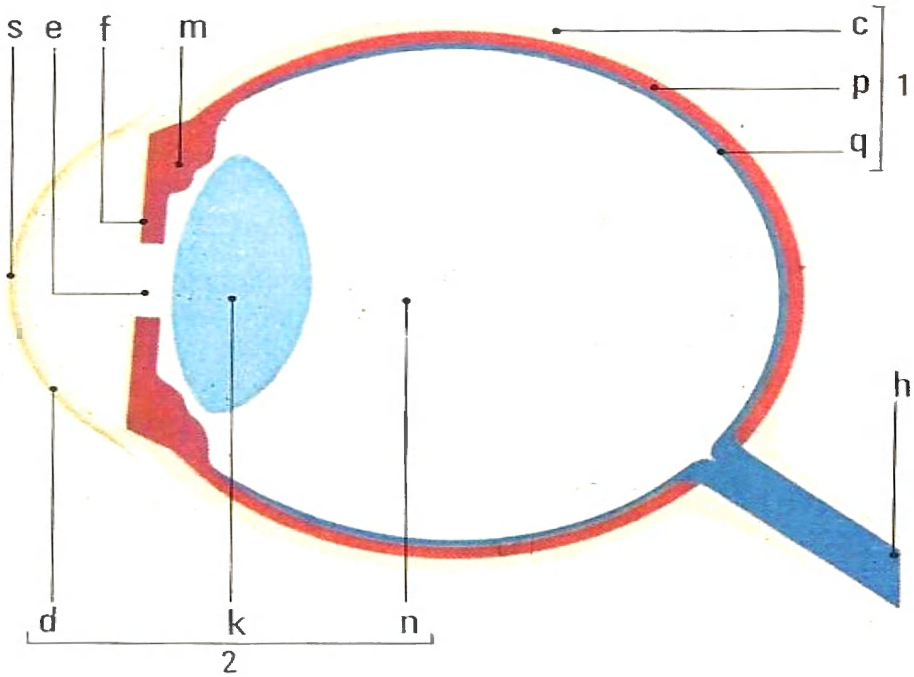
1 Ci-contre, sur la coupe d'un œil de bœuf montée dans un bloc transparent, quelle légende indiqueriez-vous à la place des lettres ?

2 Comparez l'œil à un appareil photographique :

- Qu'est-ce qui joue le rôle du diaphragme, de l'objectif, de la chambre noire, de la partie sensible à la lumière ?
- Sur quoi se forme l'image d'un objet ? Cette image est-elle droite ou renversée ?
- C'est le cristallin qui réalise la mise au point de l'image : les bords du cristallin sont tirés par des muscles et pressés par les procès ciliaires qui se gorgent de sang.

Dessinez la coupe de l'œil ; remplacez les lettres par les termes indiqués dans le texte (**s** : conjonctive) et les chiffres par : les trois membranes, les milieux transparents de l'œil.





Leçon

l'activité nerveuse

I La sensibilité consciente

sa mise en évidence

Quand nous touchons un morceau de papier de verre, nous avons conscience de la rugosité de l'objet en contact avec la peau du doigt; on dit qu'il en est résulté une sensation tactile.
Quand nous regardons un crayon nous percevons sa forme, sa couleur : ce sont des sensations visuelles.

ses conditions

Trempons un doigt dans l'éther pendant quelques minutes, puis touchons un morceau de papier de verre ; nous ne sentons plus rien : les terminaisons nerveuses situées dans la peau ont été anesthésiées.

L'excitation des terminaisons nerveuses situées dans les organes des sens est à l'origine de la sensibilité consciente.

Approchons la main d'une grenouille décérébrée : elle ne semble pas apercevoir notre main ; ainsi, bien que les organes de la vue (les yeux) soient en parfait état, il n'y a pas sensibilité consciente ; d'où :

C'est le cerveau qui est le siège de la sensibilité consciente.

le rôle du cerveau

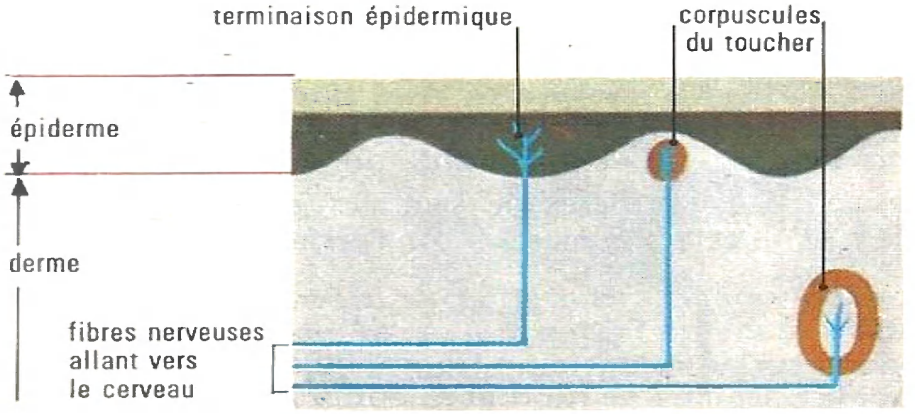
Quand une terminaison nerveuse située vers la surface du corps est excitée, il naît un influx nerveux qui se dirige vers l'axe cérébro-rachidien : c'est un influx sensitif. Quand cet influx gagne le cerveau, l'excitation se transforme en sensation. Cette sensation, qui caractérise la sensibilité consciente, varie suivant que la terminaison nerveuse excitée se trouve dans la peau **1**, l'œil **2**, l'oreille, le nez, la langue : d'où l'existence de sensations tactiles, de sensations visuelles, de sensations auditives...

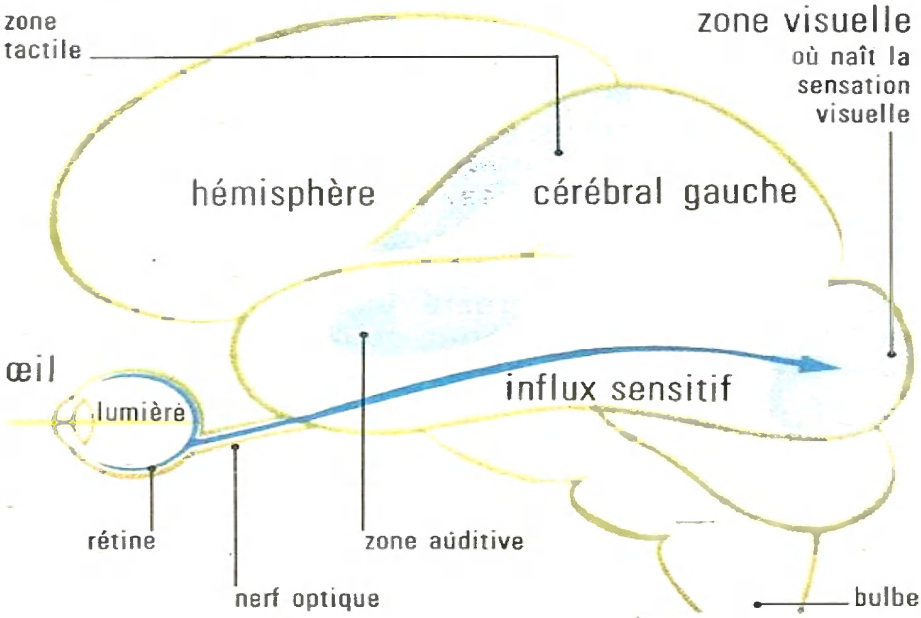
Les sensations naissent toujours dans la substance grise des hémisphères cérébraux, mais en des endroits différents de sorte que l'on distingue diverses zones sensorielles.

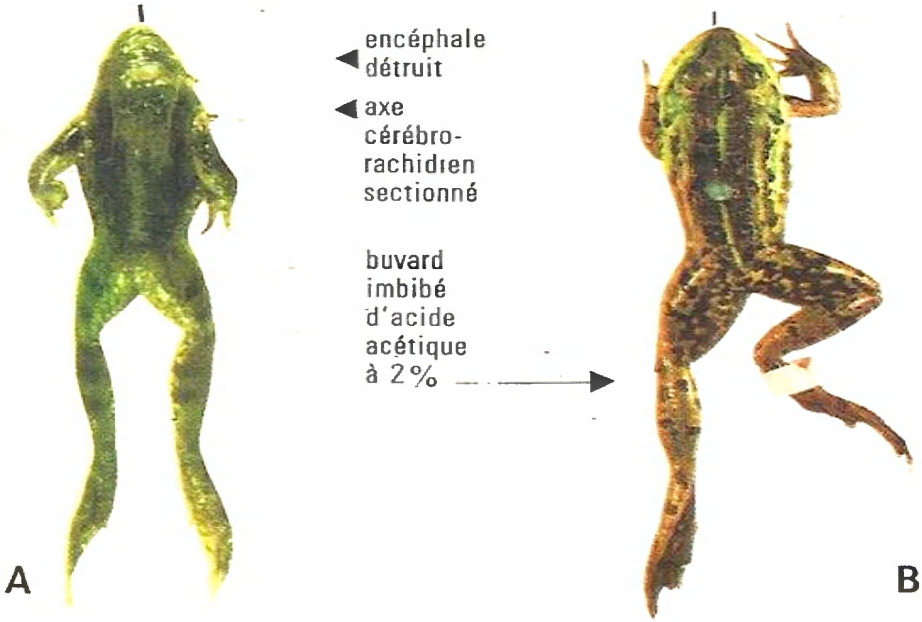
II Les mouvements réflexes

comment on peut les étudier

Afin d'éviter l'intervention du cerveau, on réalise des expériences sur une grenouille décérébrée **3** A. Sur sa patte postérieure droite, posons un petit morceau de buvard imbibé d'eau contenant 2 % d'acide acétique; la patte effectue un brusque mouvement **3** B : c'est un mouvement réflexe.







1 les organes sensoriels de la peau

Selon la situation et la forme, on distingue :

- les terminaisons épidermiques qui constituent les points de douleur de la peau;
- les corpuscules du toucher qui renseignent sur le contact la pression et la température des objets.

2 les zones sensorielles du cerveau

La lumière excite la rétine : il se produit un influx sensitif qui parcourt le nerf optique et arrive au cerveau (zone visuelle). Que s'y produit-il ? Quand vous touchez un objet, les organes sensoriels situés dans la peau sont excités, et des influx sensitifs gagnent le cerveau; là, des sensations tactiles se forment et nous renseignent sur la surface de l'objet et sur sa température.

3 mise en évidence d'un réflexe

A On fait une incision en arrière de la tête et, avec une aiguille, on détruit l'encéphale : la grenouille est décérébrée; elle ne fait plus aucun mouvement; elle ne sent plus la douleur : la grenouille est insensibilisée.

B Que fait-on ? Qu'observe-t-on ? Comment nomme-t-on un mouvement qui se produit indépendamment de la volonté de l'animal ?

étude expérimentale des réflexes

1re expérience : sur la patte droite d'une grenouille décérébrée, déposons un morceau de buvard imprégné d'acide plus concentré (4 % d'acide) : les quatre pattes se meuvent **4** B. Puisque les muscles des autres pattes se contractent, on en conclut que :

Les mouvements réflexes ne sont pas provoqués par une excitation directe des muscles par l'acide.

2e expérience : trempons l'extrémité de la patte gauche dans de l'éther **5** A et, au bout de 5 mn, déposons sur cette patte un fragment de buvard imbibé d'acide **5** B : il ne se produit aucun mouvement; d'où :

Les mouvements réflexes étudiés sont provoqués par une excitation des terminaisons nerveuses situées dans la peau.

3e expérience : dégageons le nerf sciatique de la patte droite et sectionnons-le. Si nous déposons un morceau de buvard imbibé d'acide sur la patte droite, il ne se produit aucun mouvement de la patte ; ainsi l'excitation est transmise par le nerf sciatique.

Excitons électriquement le bout du nerf sectionné :
— du côté où le nerf se dirige vers la moelle épinière : la patte droite reste inerte, mais la patte gauche se meut ; ainsi, pour qu'il y ait mouvement réflexe, il faut que l'excitation soit transmise par un nerf à un centre nerveux (la moelle épinière); le nerf est parcouru par un influx sensitif;
— du côté où le nerf se dirige vers les muscles de la patte : la patte droite, seule, se meut ; on dit que le nerf conduit alors un influx moteur aux muscles.

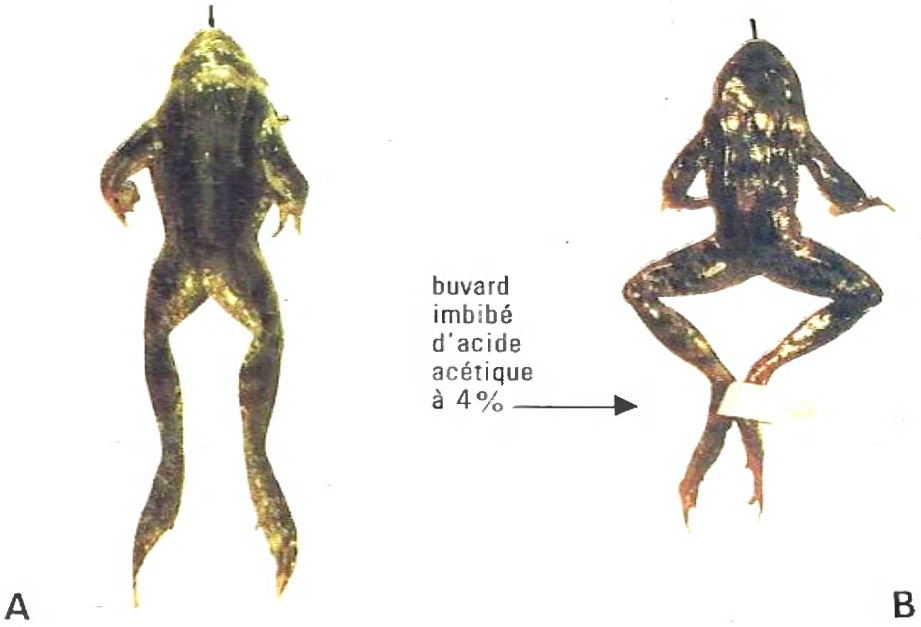
4e expérience : avec une tige métallique détruisons la moelle épinière de la grenouille ; puis excitons électriquement, vers la moelle épinière, le nerf sciatique sectionné : la patte reste inerte ; ainsi :

La moelle épinière intervient dans tous les mouvements réflexes étudiés ; on dit que ce sont des réflexes médullaires.

explication d'un mouvement réflexe

L'acide déposé sur la peau provoque l'excitation des terminaisons nerveuses situées dans la peau : il se produit un influx sensitif qui se propage dans un nerf reliant la peau à la moelle épinière **6**. Cet influx sensitif semble se réfléchir sur la moelle ; on dit que la moelle épinière est un centre réflexe. L'influx nerveux qui repart de la moelle est appelé influx moteur parce qu'il se propage dans un nerf se rendant à un muscle ; lorsque cet influx moteur arrive au muscle, celui-ci se contracte.

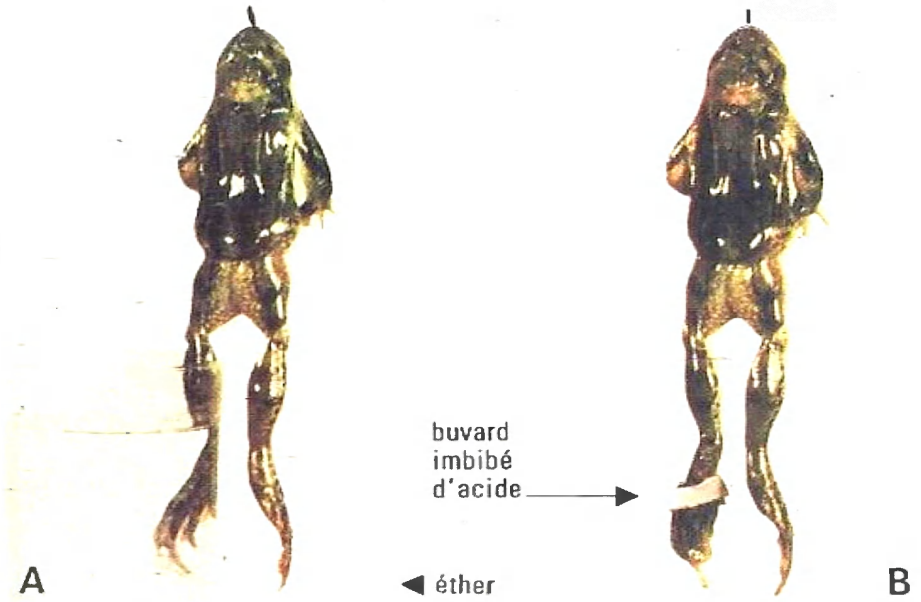
On appelle mouvement réflexe toute action motrice, indépendante de la volonté, qui se produit sous l'influence d'une excitation transmise par des voies nerveuses.



4 comment on provoque de vives réactions

A Grenouille décérébrée. Sur sa face ventrale, vous pourriez voir les battements du cœur.

B On place le morceau de buvard sur la patte droite : que se produit-il ? Pourquoi les réactions sont-elles plus vives que page 65, **3** ?

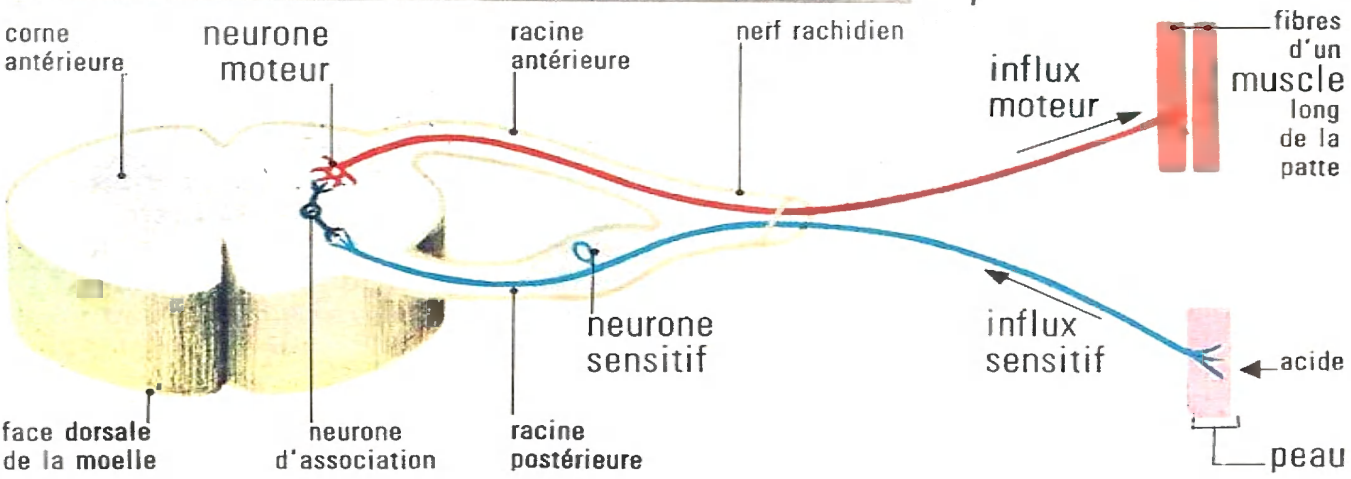


5 l'éther « endort » les parties sensibles de la peau

A La patte gauche trempe dans l'éther.
B Au bout de 5 mn, que fait-on ? Se produit-il un mouvement de la patte gauche ? L'éther a provoqué une anesthésie locale.

6 l'explication d'un réflexe simple

Quand dit-on qu'un réflexe est simple ?



quelques précisions

1 Le nerf sciatique, qui contient des fibres nerveuses parcourues par un influx sensitif et d'autres parcourues par un influx moteur, est un nerf mixte.
2 Des expériences qu'il est impossible de réaliser en classe ont permis de préciser que :
— l'influx sensitif pénètre par la racine postérieure d'un nerf rachidien **6** ;
— l'influx moteur sort par la racine antérieure.
3 Les savants ont montré que, pour un mouvement réflexe simple, c'est-à-dire se produisant du côté où a lieu l'excitation, 3 neurones interviennent **6** :
— le corps cellulaire du premier neurone (neurone sensitif) est situé dans le ganglion rachidien ;
— celui du troisième (neurone moteur) est dans la corne antérieure de la moelle épinière ;
— entre eux se trouve un neurone d'association.

III Les mouvements volontaires

faits d'observation

Sur des malades ou des blessés, on a constaté que :
— la destruction d'une partie de l'hémisphère cérébral gauche entraîne la suppression des mouvements volontaires dans la moitié droite du corps ; ainsi, dans l'hémisphère gauche, il existe une zone motrice qui commande les mouvements du côté droit ;
— la destruction d'une partie de la moelle épinière entraîne la suppression de tous les mouvements volontaires au-dessous de la partie détruite ;
— lorsqu'un nerf rachidien est coupé, les muscles en rapport avec ce nerf restent flasques ; d'où :

La moelle épinière et les nerfs rachidiens conduisent des influx moteurs provenant du cerveau et se rendant aux muscles.

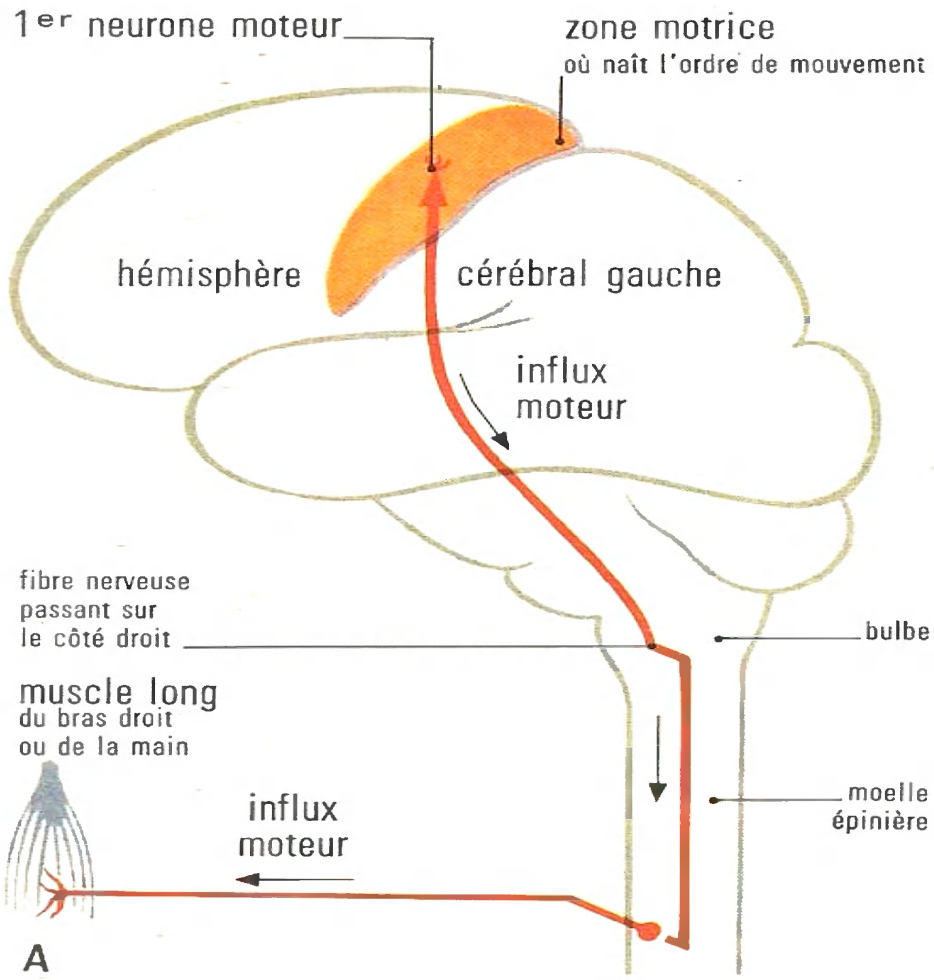
explication d'un mouvement volontaire

Voici ce qui se produit quand nous prenons notre crayon pour dessiner :
— quand nous regardons notre crayon, des influx sensitifs parviennent au cerveau **2** ; dans la zone visuelle, ces influx sont interprétés et il naît une sensation visuelle : nous reconnaissons le crayon ;
— de la zone visuelle partent des influx qui se rendent dans la zone motrice **7** A ; c'est là que naît l'ordre de mouvement. Cet ordre est transmis aux muscles du bras et de la main droite sous forme d'influx moteurs qui descendent dans la moelle **7** B, puis se propagent dans un nerf rachidien jusqu'aux muscles : ils se contractent et le crayon est saisi.

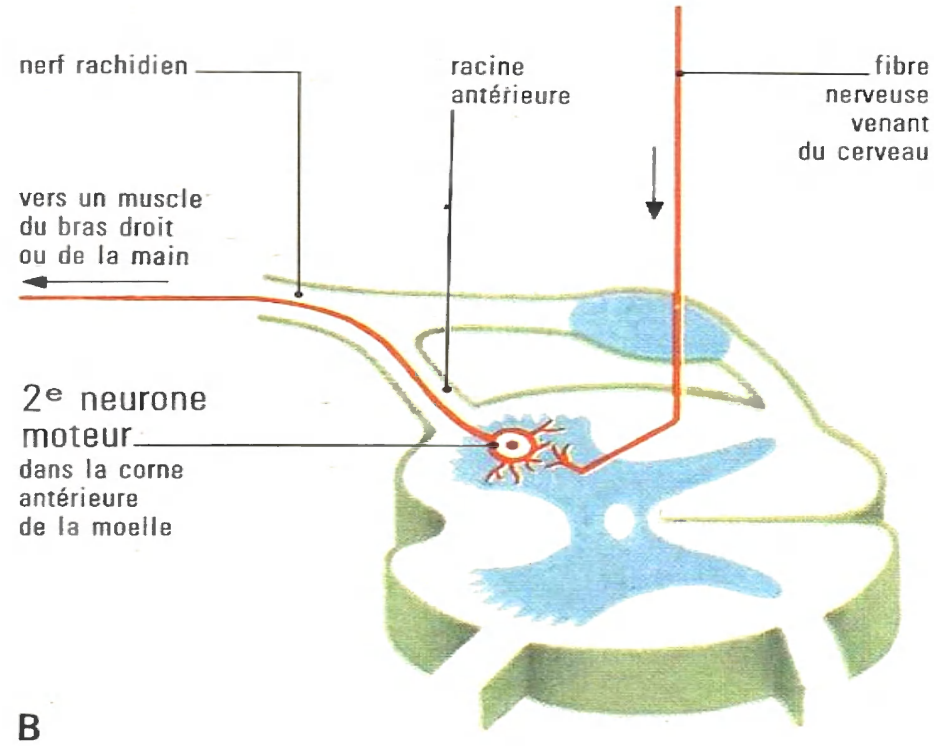
Dans la zone motrice de l'hémisphère gauche naissent les ordres de mouvement transmis aux muscles du côté droit.

7 l'explication d'un mouvement volontaire

Exemple de mouvement : saisir un crayon de la main droite.



A Schéma d'ensemble indiquant le trajet suivi par l'influx moteur qui va de l'hémisphère cérébral gauche à un muscle long de la main droite.
Où naît l'ordre de mouvement ? Où se trouve le premier neurone moteur ? et le deuxième neurone ? A quel endroit l'influx moteur passe-t-il du côté gauche du corps vers le côté droit ?



B Ce qui se produit à un certain niveau de la moelle épinière.

La fibre nerveuse venant du cerveau se trouve dans la substance blanche de la moelle épinière et du côté droit du corps. Avec quoi s'articule-t-elle ? Dans quelle racine passe la fibre nerveuse issue de ce 2e neurone moteur ? Où se rend-elle ?

Quand le virus de la poliomyélite détruit les neurones moteurs de cette partie de la moelle épinière, les nerfs rachidiens situés au même niveau dégénèrent; les muscles deviennent flasques, puis s'atrophient.

7 les aliments

Les aliments que nous consommons (pain, lait, viande, pommes de terre, légumes, fromages, fruits) contiennent de nombreuses substances. Celles-ci, appelées aliments simples, appartiennent à l'une des catégories suivantes : l'eau, les sels minéraux, les lipides, les protides, les glucides et les vitamines. Comme il n'existe aucune propriété nous permettant de reconnaître les vitamines, nous ne les étudierons pas dans ce chapitre.

Le pain, l'un de nos aliments usuels, est fabriqué avec de la farine à laquelle on ajoute de l'eau, du sel et de la levure (quel est le rôle de celle-ci ?). La farine elle-même contient de l'amidon et du gluten. Ainsi le pain, qui renferme plusieurs aliments simples, est considéré comme un aliment composé.

A des aliments

On appelle aliments usuels ceux que nous consommons. Citez-en et indiquez dans quel ordre vous les consommeriez; dites pourquoi.

B C la fabrication du pain

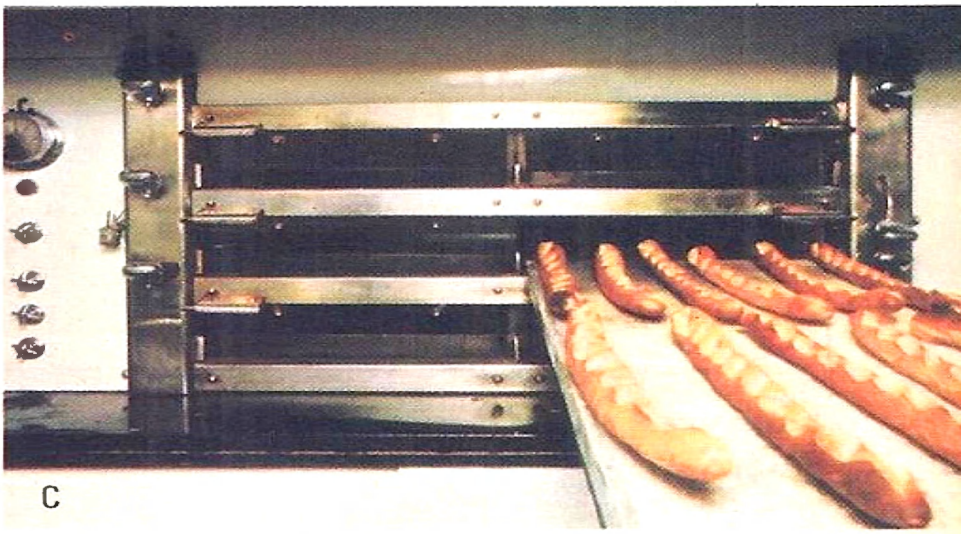
Cette fabrication, que l'on appelle panification, comporte trois opérations principales :

- le pétrissage, effectué ci-dessus par un pétrin mécanique, a pour but de transformer la farine en pâte; on utilise de l'eau tiède à laquelle on a ajouté du sel et de la levure;
- la fermentation produit du gaz carbonique qui se dissout dans l'eau de la pâte;
- la cuisson : une partie de l'eau s'évapore; le gaz carbonique se dégage et les bulles donnent de la légèreté à la mie du pain; la surface du pain se dessèche et les sucres se caramélisent en donnant une croûte dorée.

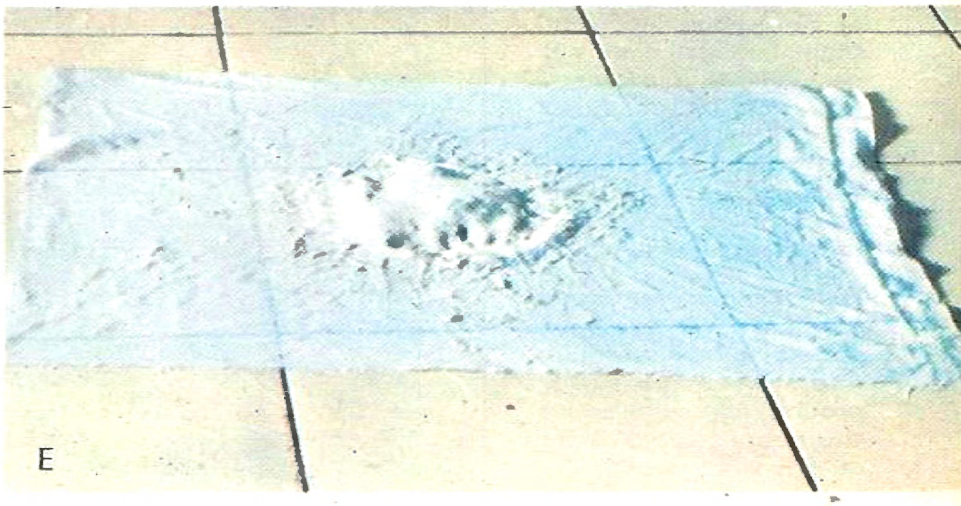
D E ce que contient la farine

D Quand on pétrit sous un filet d'eau un sachet de toile plein de farine, une substance blanche, l'amidon, est entraînée par l'eau.
E Il reste sur la toile une substance jaunâtre, collante, élastique, appelée gluten. C'est le gluten qui, du fait de son élasticité, permet le gonflement de la pâte à la cuisson; sans lui, la mie du pain serait compacte.

B


C

D


E

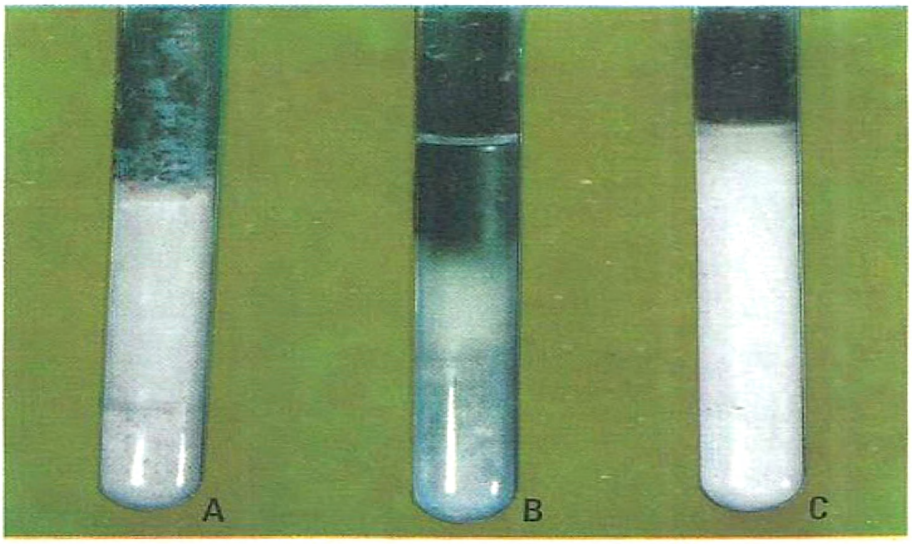
Observations

caractérisez des sels

A Dans de l'eau salée, versez quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent : que constatez-vous ?

B Dans le même tube, ajoutez quelques gouttes d'ammoniaque : que remarquez-vous ?

C Dans une solution d'un sel de calcium, versez une solution d'oxalate d'ammonium : que se forme-t-il ?



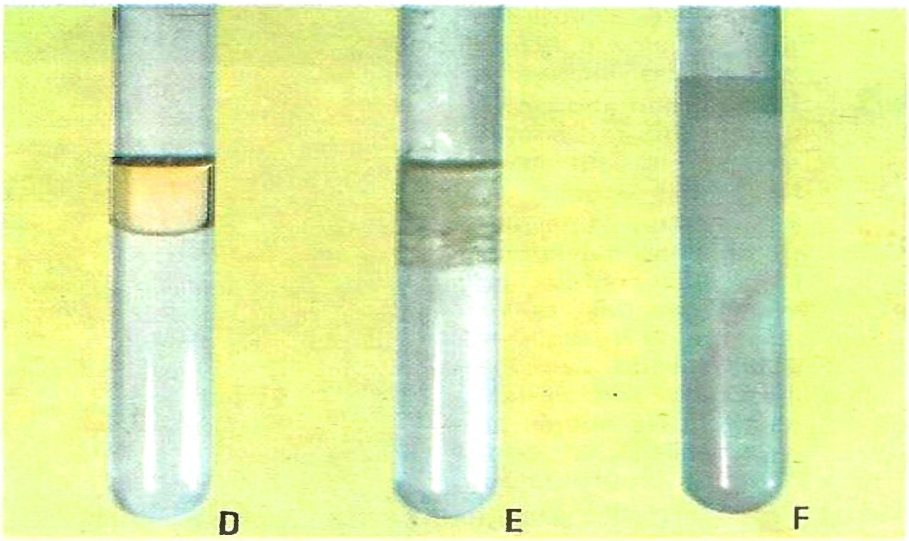
l'huile

D Dans un tube à essais contenant de l'eau, versez de l'huile : qu'observez-vous ? qu'en concluez-vous ?

E Agitez le tube : que remarquez-vous ? Faut-il longtemps pour que l'huile surnage l'eau ?

F Ajoutez une solution de soude et agitez : quelle est la couleur du liquide ? L'huile surnage-t-elle encore ?

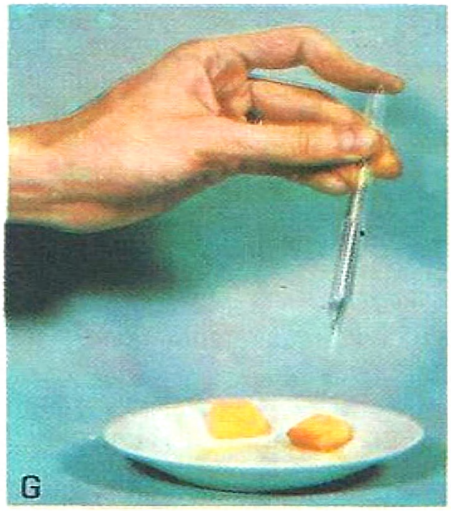
Observez au microscope une goutte de ce liquide. Concluez !

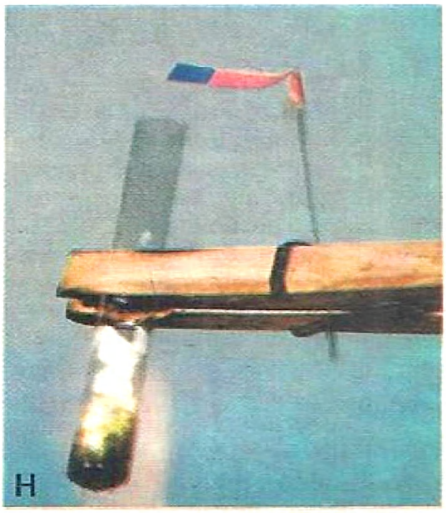


le blanc d'œuf

G Sur deux cubes de blanc d'œuf versez de l'acide nitrique : que constatez-vous ? Lavez les deux cubes : la couleur persiste-t-elle ? Versez dessus de l'ammoniaque : que remarquez-vous ?

H Mélangez du blanc d'œuf et de la chaux sodée, puis chauffez : que sentez-vous ? Approchez un papier de tournesol mouillé : qu'observez-vous ?

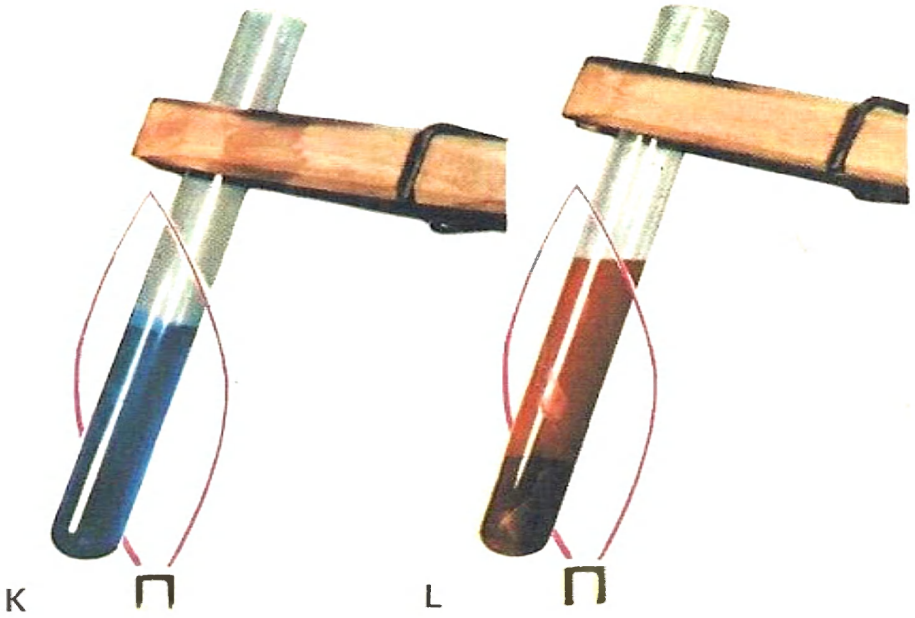




chauffez de la liqueur de Fehling

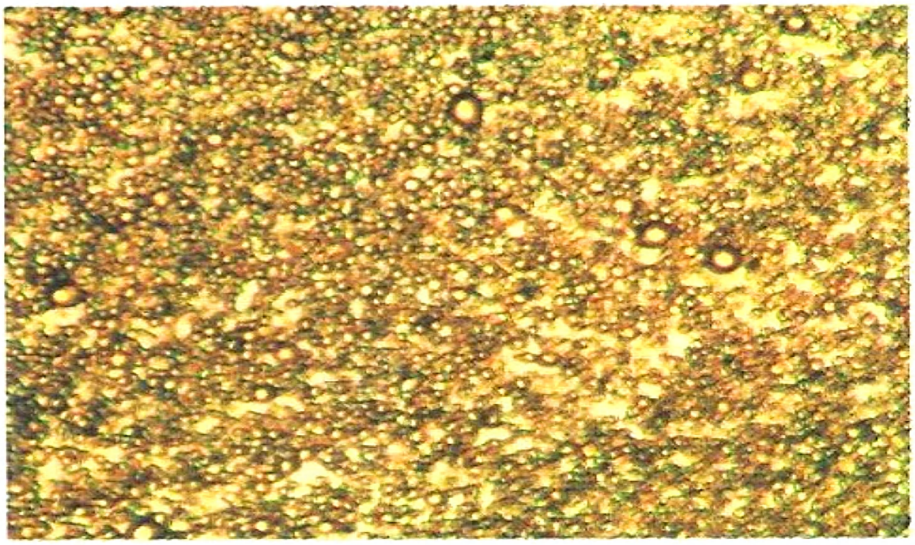
Il faut chauffer doucement, car le liquide pourrait être projeté: or, la liqueur de Fehling contient de la soude qui brûle les vêtements et la peau.

Dans de la liqueur de Fehling bouillante, versez une solution de sucre ordinaire **K** : que remarquez-vous ? et si vous versez une solution de glucose **L** ?



observez du lait au microscope

Trempez une baguette de verre dans du lait et déposez une goutte de lait sur une lame porte-objet; mettez une lamelle comme on le montre page 3; observez au microscope en utilisant le plus fort grossissement : que constatez-vous ?

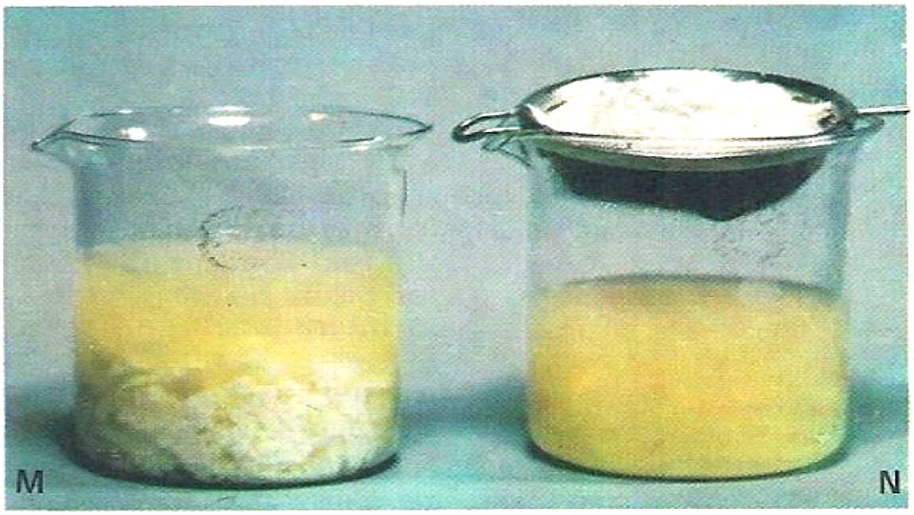


faites cailler du lait

Dans du lait tiédi (à 40° environ), versez de la présure : c'est un liquide que l'on extrait de l'estomac des jeunes veaux.

M Que remarquez-vous dans le lait ? Pourquoi dit-on que le lait est caillé ?

N Versez le lait caillé sur une passoire :
- que retient celle-ci ?
- comment appelle-t-on le liquide qui s'écoule ?



Propriétés de quelques aliments simples

les sels minéraux

Les plus importants pour notre organisme sont :
— le chlorure de sodium ou sel de cuisine ;
— les sels de calcium (phosphate, carbonate) fournis par le lait, les fromages à pâte ferme (cantal, gruyère...) et certains légumes (chou, cresson...).

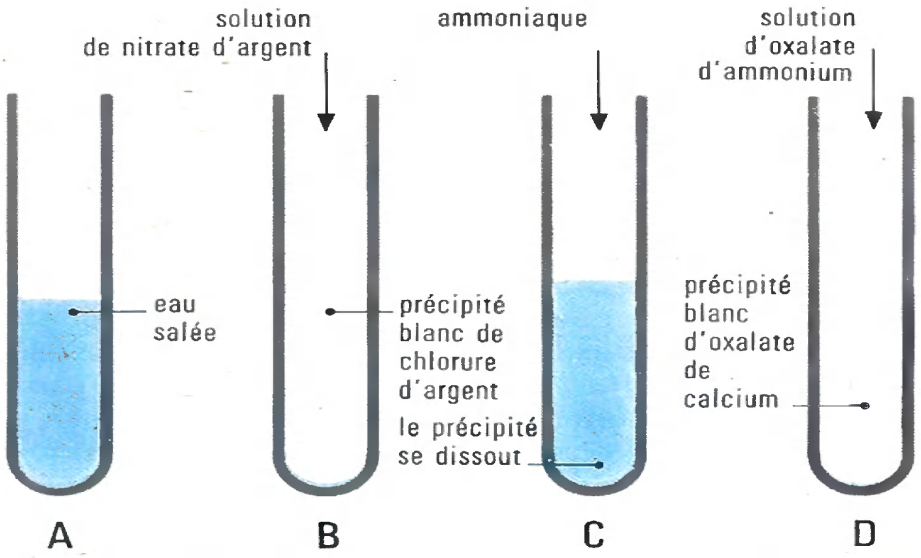
Quand on verse quelques gouttes d'une solution :
— de nitrate d'argent dans de l'eau salée, le liquide devient blanc **1** B : de fines particules sont en suspension dans le liquide. Ces particules constituent un précipité ; il est formé de chlorure d'argent qui est soluble dans l'ammoniaque **1** C ;
— d'oxalate d'ammonium dans une solution contenant un sel de calcium, il se forme un précipité blanc **1** D : c'est de l'oxalate de calcium.

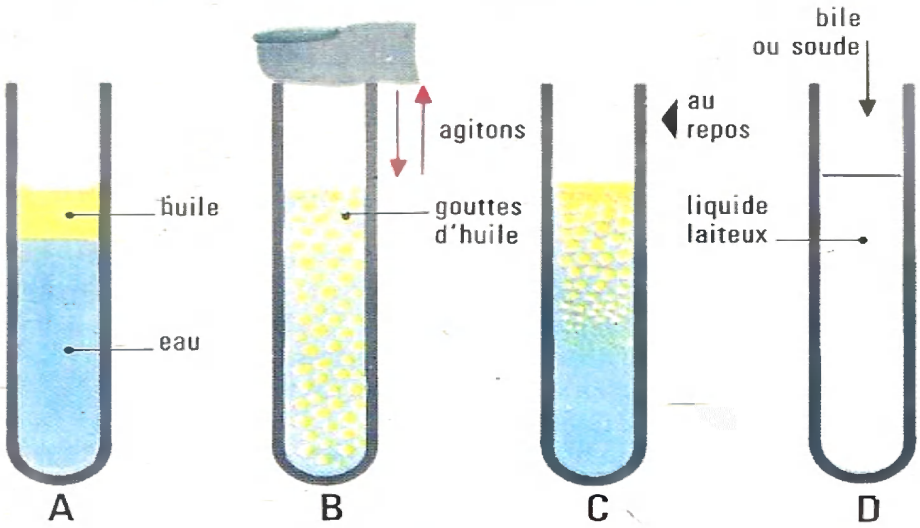
Le nitrate d'argent est le réactif des chlorures en solution et l'oxalate d'ammonium est celui des sels de calcium.

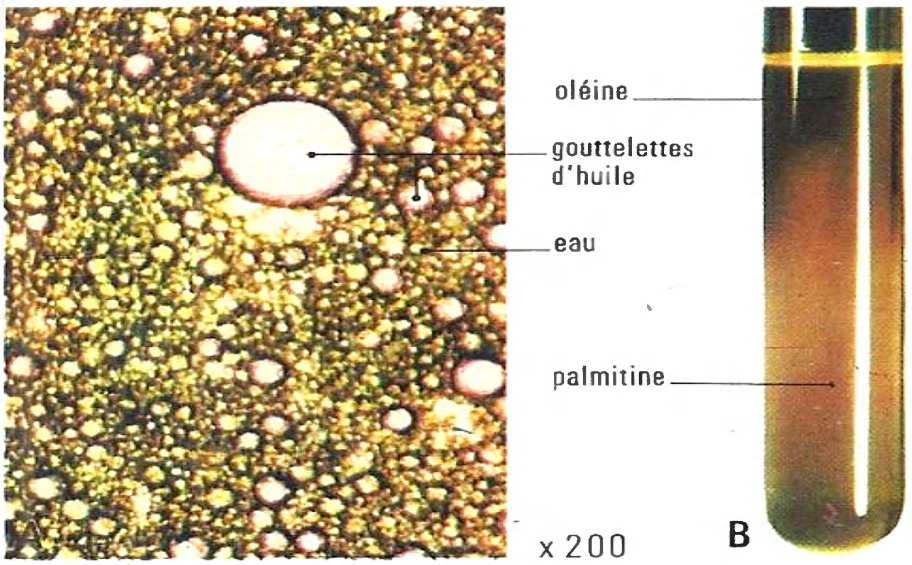
les lipides ou corps gras

Suivant l'état (solide, liquide, pâteux) que les lipides ont à la température ordinaire, on distingue : les graisses (saindoux, suif), les huiles (d'olive, d'arachide, de noix) et le beurre.
Les lipides sont onctueux au toucher, d'où le nom de corps gras qu'on leur donne habituellement. Ils laissent une tache translucide sur le papier.
Quand on verse de l'huile dans de l'eau, l'huile surnage **2** A : l'huile est insoluble dans l'eau et moins dense qu'elle. Si l'on agite le tout, l'huile forme des gouttelettes qui restent en suspension dans l'eau **2** B : c'est ce qu'on appelle une émulsion.
Si on laisse cette émulsion au repos, les gouttelettes se rassemblent peu à peu à la surface du liquide **2** C : c'est alors une émulsion instable.
Si l'on ajoute un peu de bile (ou de soude) et si l'on agite, le liquide devient laiteux et l'huile ne se sépare plus **2** D : c'est une émulsion stable.
Elle contient encore des gouttelettes d'huile, mais on ne peut les voir qu'au microscope **3** A.
Si l'on refroidit de l'huile d'olive, le liquide se fige en partie **3** B : l'huile est donc un mélange.

- Les lipides sont onctueux au toucher et insolubles dans l'eau ; ils sont parfois à l'état d'émulsion, c'est-à-dire sous forme de fines gouttelettes en suspension dans un liquide.
- Les lipides usuels sont des mélanges de divers corps gras.







1 comment on caractérise des sels en solution

B Quand on verse une solution de nitrate d'argent dans l'eau salée, que se forme-t-il ?

C Quand on verse ensuite de l'ammoniaque, que devient le précipité blanc ?

D Dans une solution d'un sel de calcium, que verse-t-on ? Que se produit-il ?

2 l'huile est insoluble dans l'eau

A Où se trouve l'huile que l'on a versée dans l'eau ? Dites pourquoi c'est ainsi.

B En agitant le tube, que devient l'huile ?

C Au repos, que deviennent les gouttes d'huile ? Que pouvez-vous en conclure ?

D Et quand on verse de la bile (ou de la soude) dans le liquide ?

3 deux caractères de l'huile

A Une goutte du contenu du tube **2** D est observée au microscope : sous quelle forme est l'huile ?

B Si l'on refroidit de l'huile d'olive en plongeant un tube dans un vase contenant de l'eau et des morceaux de glace, qu'observe-t-on ? Alors, quels sont les deux constituants de l'huile d'olive ?

propriétés des protides

1 Quand on verse du blanc d'œuf, appelé albumine par les chimistes, dans de l'eau et que l'on agite, on obtient une solution qui poisse les doigts.
2 Quand on chauffe du blanc d'œuf, il devient blanc et ferme; on dit que l'albumine coagule à la chaleur.
3 Quand on verse de l'acide nitrique concentré sur un cube de blanc d'œuf, il jaunit **4** A et reste jaune si on le lave **4** B. Si l'on verse de l'ammoniaque sur ce cube, sa coloration devient orangée **4** C. Cette réaction de coloration permet de mettre en évidence un protide dans un aliment (pain, lait...).
4 Quand on chauffe des fragments de blanc d'œuf en présence de chaux sodée, il se dégage des fumées qui piquent les yeux et font bleuir un papier de tournesol **5** ; ces fumées contiennent donc du gaz ammoniac, substance riche en azote, ce qui prouve qu'un protide renferme de l'azote.

- Les protides prennent une coloration jaune avec l'acide nitrique, puis une coloration orangée avec l'ammoniaque.
- Quand on chauffe un protide avec de la chaux sodée, de l'ammoniac se dégage, car un protide est une substance azotée.

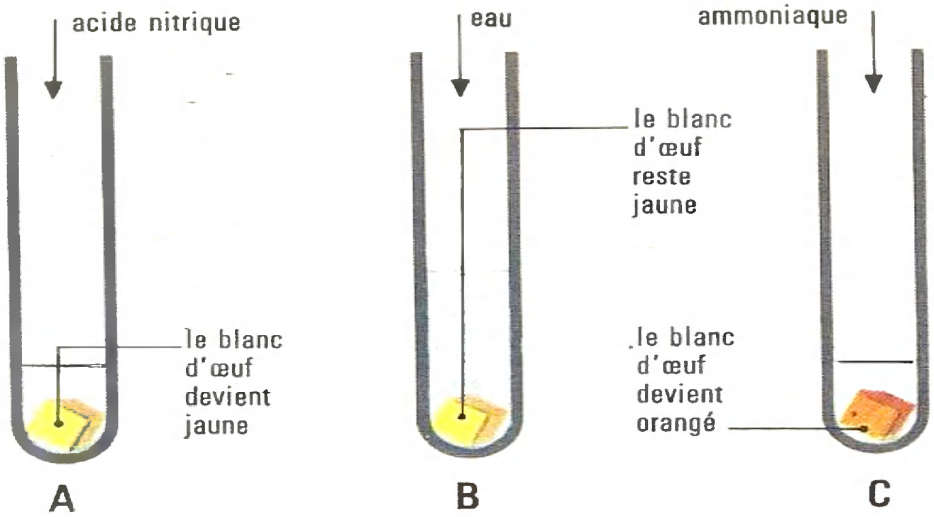
les principaux glucides

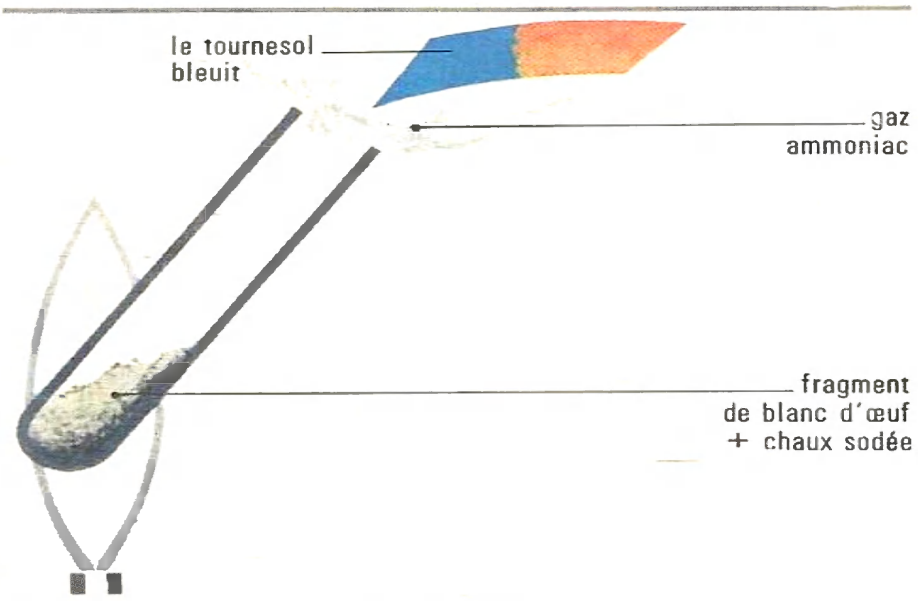
Les glucides les plus importants sont les suivants :
— les sucres : le sucre ordinaire, nommé saccharose, est extrait de la racine de la betterave et de la tige de la canne à sucre ; il est abondant aussi dans l'oignon et la racine de la carotte. Le sucre qui existe dans le raisin est le glucose;
— l'amidon est extrait de la pomme de terre (on l'appelle alors fécule), du blé, de l'orge, du riz;
— la cellulose existe dans tous les aliments d'origine végétale (légumes et fruits); elle est insoluble dans l'eau et n'est pas utilisée par l'organisme.

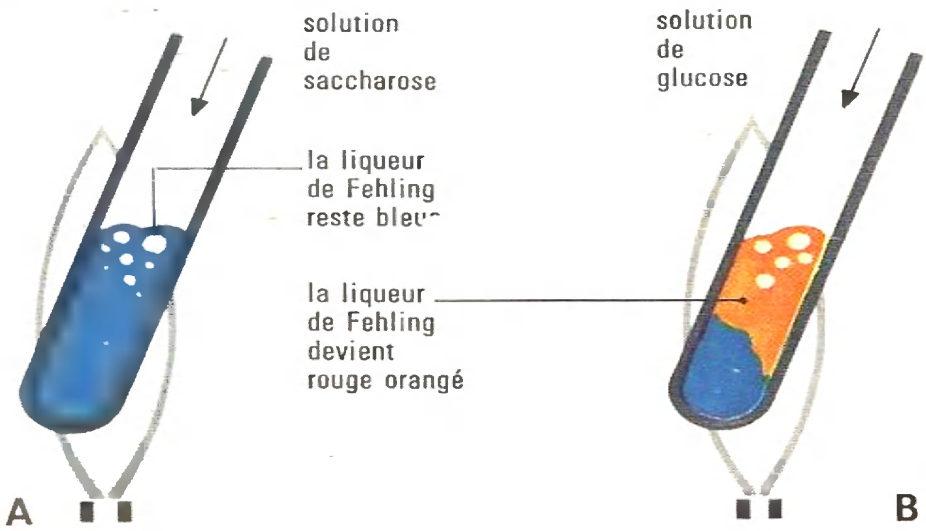
propriétés des sucres

1 Quand on verse une pincée de sucre (saccharose ou glucose) dans de l'eau et que l'on agite, le sucre disparaît; on dit que le sucre est soluble dans l'eau; le liquide obtenu a une saveur sucrée.
2 Dans deux tubes à essais contenant de la liqueur de Fehling bouillante, on verse une solution :
— de saccharose : le liquide reste bleu **6** A;
— de glucose : le liquide devient rouge orangé **6** B et il se forme un dépôt rougeâtre; on dit que la liqueur de Fehling a été réduite et que le glucose est un sucre réducteur, alors que le saccharose est un sucre non réducteur.

Les sucres se reconnaissent aux propriétés suivantes :
- ils sont solubles dans l'eau et ont une saveur sucrée;
- certains sucres, comme le glucose, réduisent la liqueur de Fehling, alors que le saccharose ne la réduit pas.







4 une réaction de coloration des protides

A Quand on verse de l'acide nitrique sur du blanc d'œuf cuit, que se produit-il ?

B La teinte jaune disparaît-elle quand on lave le cube ?

C Quand on verse ensuite de l'ammoniaque, qu'observe-t-on ?

5 décomposition du blanc d'œuf

La chaux sodée est obtenue en versant une solution de soude, à la place d'eau, sur de la chaux vive.

Le tournesol est une matière colorante qui vire au rouge en présence d'un acide, et au bleu avec une base (la soude, l'ammoniaque ou le gaz ammoniac). Alors, dans cette expérience, que se dégage-t-il ? Concluez !

A la chaleur, le blanc d'œuf noircit ; qu'est-ce que cela prouve ?

6 comment on distingue deux sucres

A Quand on verse une solution de saccharose dans de la liqueur de Fehling bouillante, la teinte change-t-elle ?

B Et avec une solution de glucose ? Alors, qu'en concluez-vous ?

propriétés de l'amidon

1 L'amidon est insoluble dans l'eau avec laquelle il donne un liquide laiteux, nommé lait d'amidon.
2 Au microscope, dans une goutte de lait d'amidon, on voit des grains d'amidon présentant des stries **7**.
3 Quand on fait bouillir du lait d'amidon, le liquide s'éclaircit et devient opalescent **8** A ; en se refroidissant il donne une sorte de gelée, appelée empois d'amidon. Si l'on verse une goutte d'eau iodée dans de l'empois d'amidon **8** B, le liquide devient bleu roi : l'eau iodée est le réactif de l'amidon.
4 Quand on verse de l'empois d'amidon dans de la liqueur de Fehling bouillante **8** C, le liquide reste bleu : l'amidon ne réduit pas la liqueur de Fehling.

- **L'amidon est constitué de grains microscopiques qui restent en suspension dans l'eau en donnant un lait d'amidon.**
- **A l'ébullition, le lait d'amidon devient un empois d'amidon.**

propriétés communes aux glucides

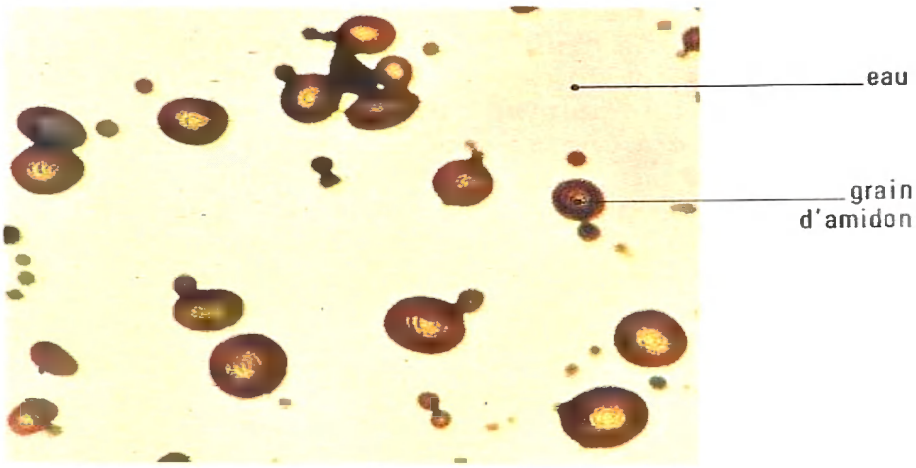
Si l'on chauffe un glucide, il noircit : un glucide est donc une substance carbonée. Si l'on chauffe un glucide avec de la chaux sodée, il ne se dégage pas d'ammoniac : un glucide ne contient pas d'azote.

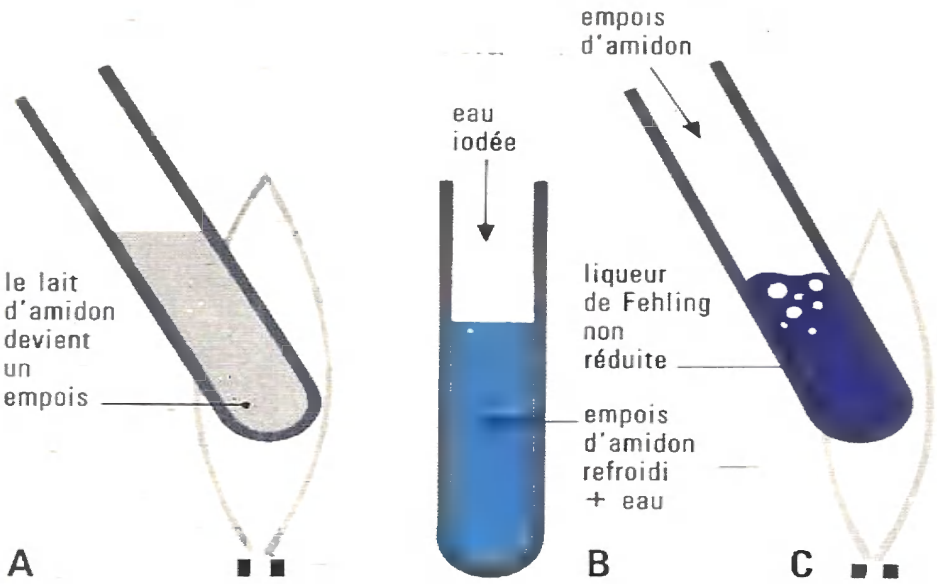
II Étudions deux aliments usuels

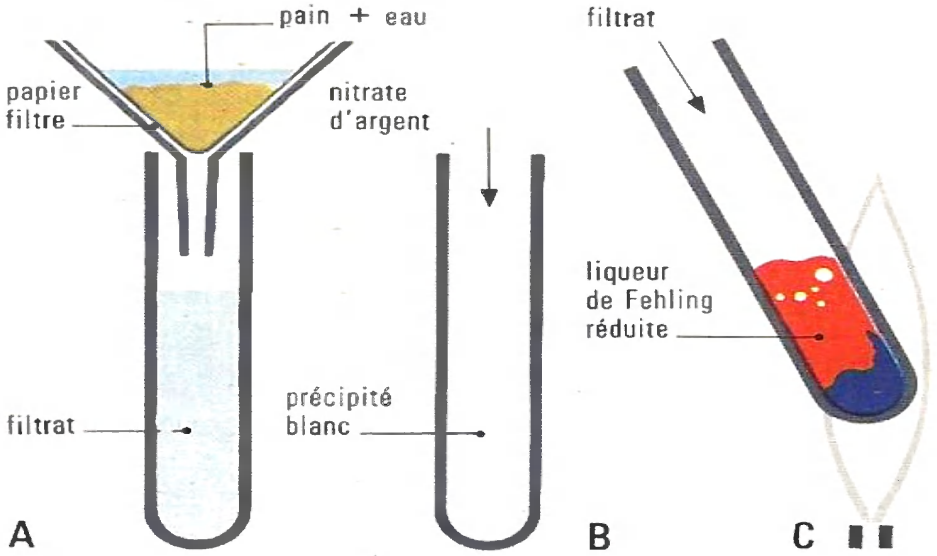
le pain

1re expérience : quand on chauffe de la mie de pain dans un tube, des gouttes d'eau se condensent sur la partie froide du tube : le pain contient de l'eau.
2e expérience : quand on laisse tremper un morceau de pain (croûte et mie) dans de l'eau distillée, puis qu'on filtre **9** A, on obtient un filtrat :
— qui donne un précipité blanc avec une solution de nitrate d'argent **9** B : le pain contient des chlorures ; c'est surtout du chlorure de sodium que le boulanger a ajouté lors de la panification ;
— qui réduit la liqueur de Fehling **9** C : il existe donc un peu de sucre réducteur dans le pain ; les chimistes ont montré que c'est du glucose.
3e expérience : si l'on frotte de la mie de pain sur une feuille de papier, le papier ne devient pas translucide : le pain ne contient pas de lipides.
4e expérience : l'eau iodée et l'acide nitrique colorent la mie de pain respectivement en bleu et en jaune ; on en conclut que le pain contient de l'amidon et un protide (ce protide est appelé gluten).

Les principaux aliments simples contenus dans le pain sont : l'eau, les sels minéraux, des glucides (de l'amidon et des traces de glucose), et un protide (le gluten). Le pain, qui est riche en amidon, est un aliment amylacé.







7 lait d'amidon vu au microscope

Comment obtient-on un lait d'amidon ? Que fait-on pour l'observer au microscope ? Les grains d'amidon de blé sont circulaires et présentent des stries concentriques. En versant une goutte d'eau iodée sur le côté de la lamelle, les grains se colorent en mauve, puis en violet.

8 propriétés de l'amidon

A Quand on chauffe un lait d'amidon, les grains d'amidon éclatent ; qu'obtient-on ?
B Dans de l'empois d'amidon refroidi et dilué, on verse une goutte d'eau iodée (c'est de l'eau contenant de l'iode dissous) : qu'observe-t-on ?
C L'empois d'amidon agit-il sur la liqueur de Fehling bouillante ?

9 comment on analyse le pain

A Après avoir laissé tremper du pain dans de l'eau distillée (c'est de l'eau pure), on verse le tout sur du papier filtre : comment est le filtrat ?
B Que donne le filtrat avec une solution de nitrate d'argent ? qu'en concluez-vous ?
Comme on a mis en évidence deux constituants du pain, on dit qu'on a fait l'analyse qualitative du pain.

le lait

1re expérience : dans une goutte de lait, au microscope, on voit une multitude de gouttelettes : le lait contient donc un lipide à l'état d'émulsion.
2e expérience : le lait abandonné au repos est recouvert d'une couche de crème. Si l'on verse un peu de crème sur un papier, celui-ci devient translucide. Ainsi les gouttelettes de lipide se sont rassemblées en formant la crème. Si l'on agite celle-ci, on obtient des boulettes jaunes : c'est du beurre.
3e expérience : quand on chauffe du lait, vers 70°, une fine peau se forme à la surface. Si l'on verse de l'acide nitrique sur un fragment de « peau du lait », celui-ci devient jaune : la « peau du lait » est donc constituée par un protide ; c'est de l'albumine.
4e expérience : si l'on ajoute de la présure à du lait tiédi (à 40°), le lait caille. En versant le tout sur une passoire, on sépare le caillé et le petit-lait. Si l'on verse de l'acide nitrique sur le caillé, il jaunit : le caillé est un protide appelé caséine. Dans le petit-lait on peut mettre en évidence :
— des chlorures et des sels de calcium (comment?);
— un sucre réducteur (comment?) : c'est le lactose.

Le lait contient les diverses catégories d'aliments simples ; c'est pourquoi on dit que le lait est un aliment complet.

III Classification des aliments composés

Groupe 1 : aliments très riches en protides **10**.
Groupe 2 : produits laitiers (lait, yaourt, fromages) qui contiennent des protides (albumine et caséine), des lipides, et des sels de calcium.
Groupe 3 : corps gras et fruits oléagineux (citez-en); ce sont des aliments riches en lipides **11**.
Groupe 4 : aliments amylacés et produits sucrés **12**.
Groupe 5 : légumes et fruits consommés crus (salade, céleri, oignon, persil, tomates, fruits); ces aliments contiennent surtout des glucides (sucres); ils sont aussi une source importante de vitamines.
Groupe 6 : légumes et fruits mangés cuits (choux, artichauts, carottes, haricots verts...) qui apportent des glucides (sucres, amidon) et des sels de calcium. A ce groupe appartiennent les pommes de terre qui sont des aliments contenant surtout de l'amidon.

On classe les aliments composés en six groupes d'après l'aliment simple qui prédomine, l'origine animale ou végétale des aliments composés et, pour les légumes et les fruits, selon qu'on les consomme crus ou cuits.

10 des aliments riches en protides

Ce sont les viandes, la chair des poissons, la charcuterie, les œufs et les légumes secs, c'est-à-dire les haricots secs, les pois cassés et les lentilles. Ces aliments appartiennent au groupe 1.

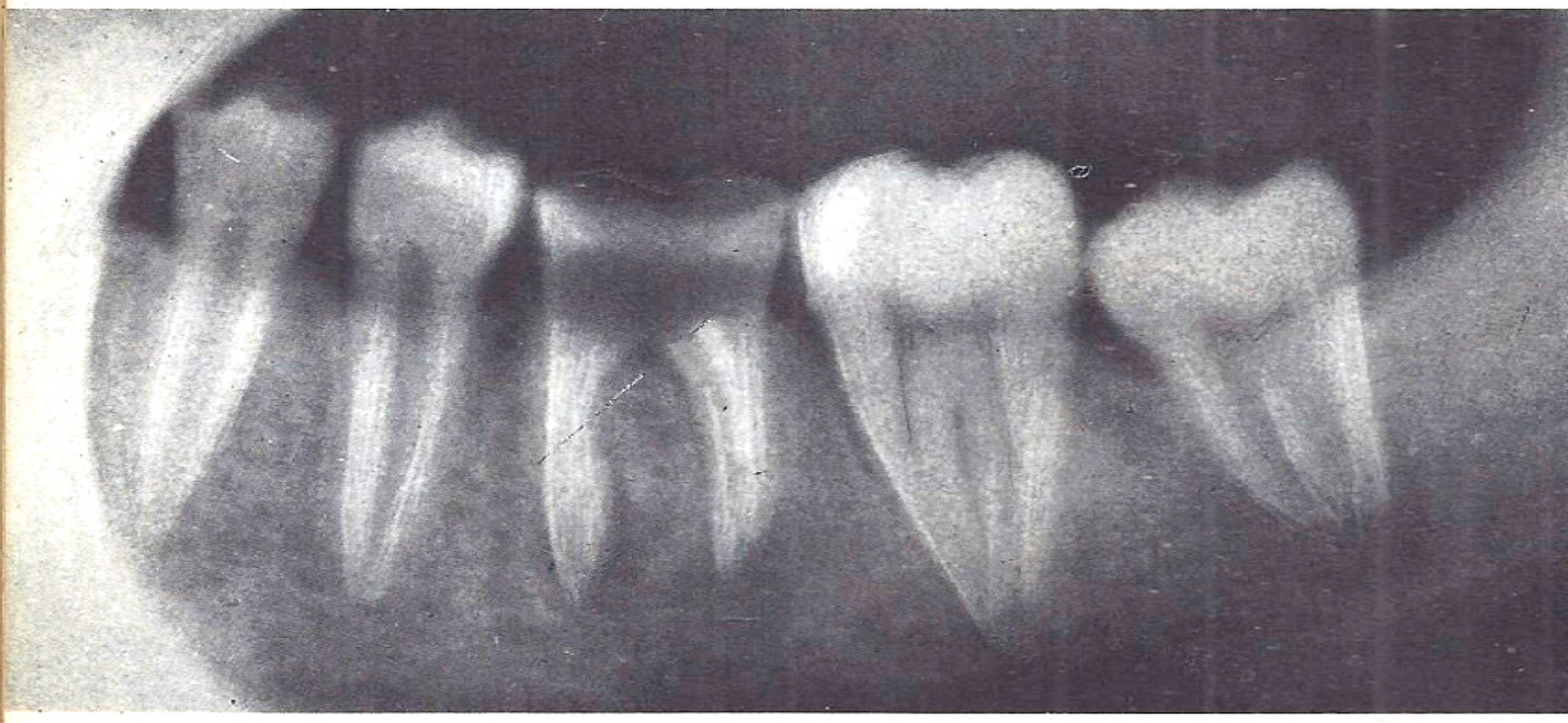
11 des aliments riches en lipides

- Corps gras d'origine animale : la crème, le beurre, le suif, le lard.
- Corps gras d'origine végétale : la graisse végétale extraite de la noix de coco, les huiles d'olive et d'arachide; il faut en rapprocher les fruits oléagineux (citez-en).
- Corps gras d'origine mixte : citons la margarine fabriquée avec des huiles, des graisses végétales et du lait.

12 des aliments riches en glucides

On peut distinguer :
- les aliments amylacés, c'est-à-dire riches en amidon, comme le pain, les pâtes, le riz, les farines, les châtaignes...
- les produits sucrés : le sucre, le miel, les confitures, les figues, les dattes et les pruneaux.

8 l'appareil digestif



La dissection d'une souris nous a permis d'observer l'appareil digestif d'un Mammifère et d'étudier son organisation générale (page 5).

Rappelons que l'appareil digestif de la souris (page 9, **2**) comprend :
— d'une part, le tube digestif allant de la bouche à l'anus et où circulent les aliments ainsi que les déchets de la digestion ;
— d'autre part, les glandes digestives qui sécrètent des liquides, appelés sucs digestifs, qui se déversent dans le tube digestif.

L'observation des organes de l' « écorché » et de radiographies permet de savoir comment est constitué notre appareil digestif dans lequel, comme chez la souris, on distingue :
— le tube digestif comprenant la bouche, le pharynx, l'œsophage, l'estomac et l'intestin ;
— les glandes digestives : certaines sont volumineuses, d'autres sont microscopiques.

A radiographie dentaire

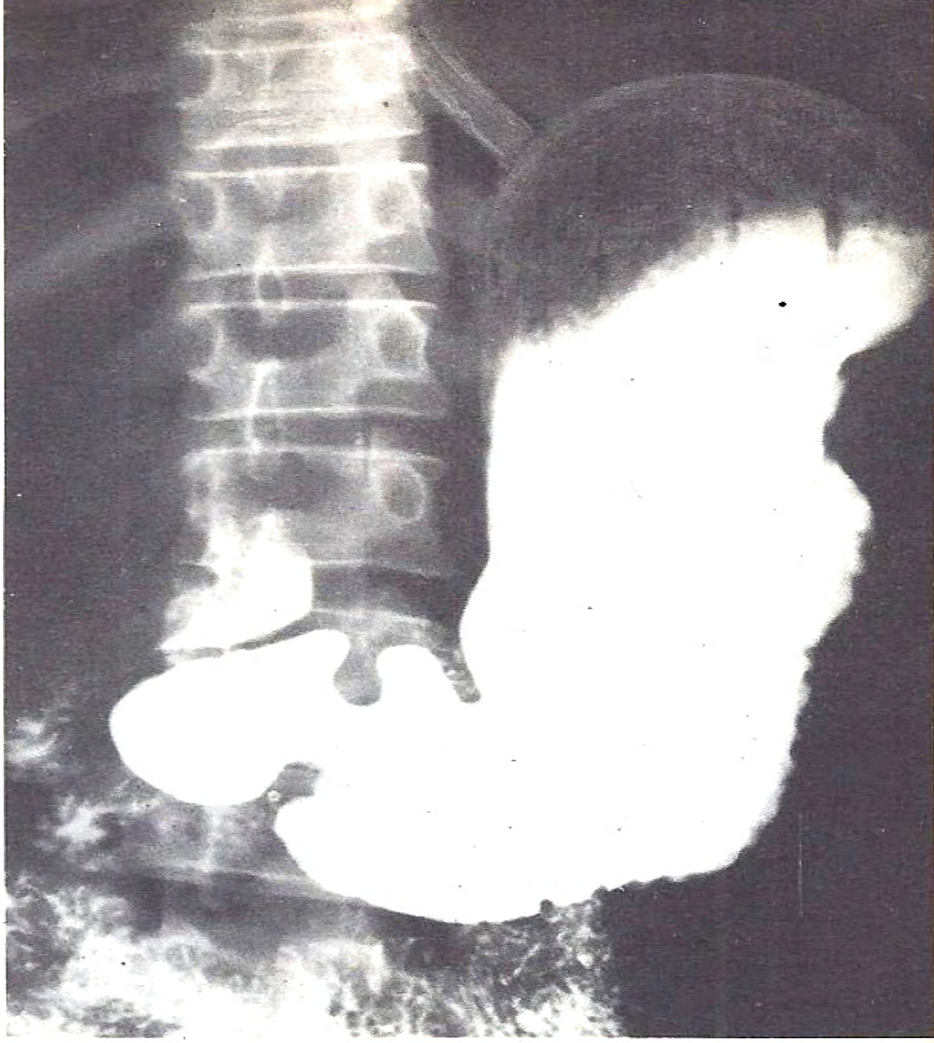
Sur cette radiographie de la mâchoire inférieure, vous apercevez les prémolaires et les molaires : à quoi les distinguez-vous ? Remarquez, à l'intérieur des dents, la cavité pulpaire. La dernière molaire est-elle bien placée ? Comment appelle-t-on cette dent ?

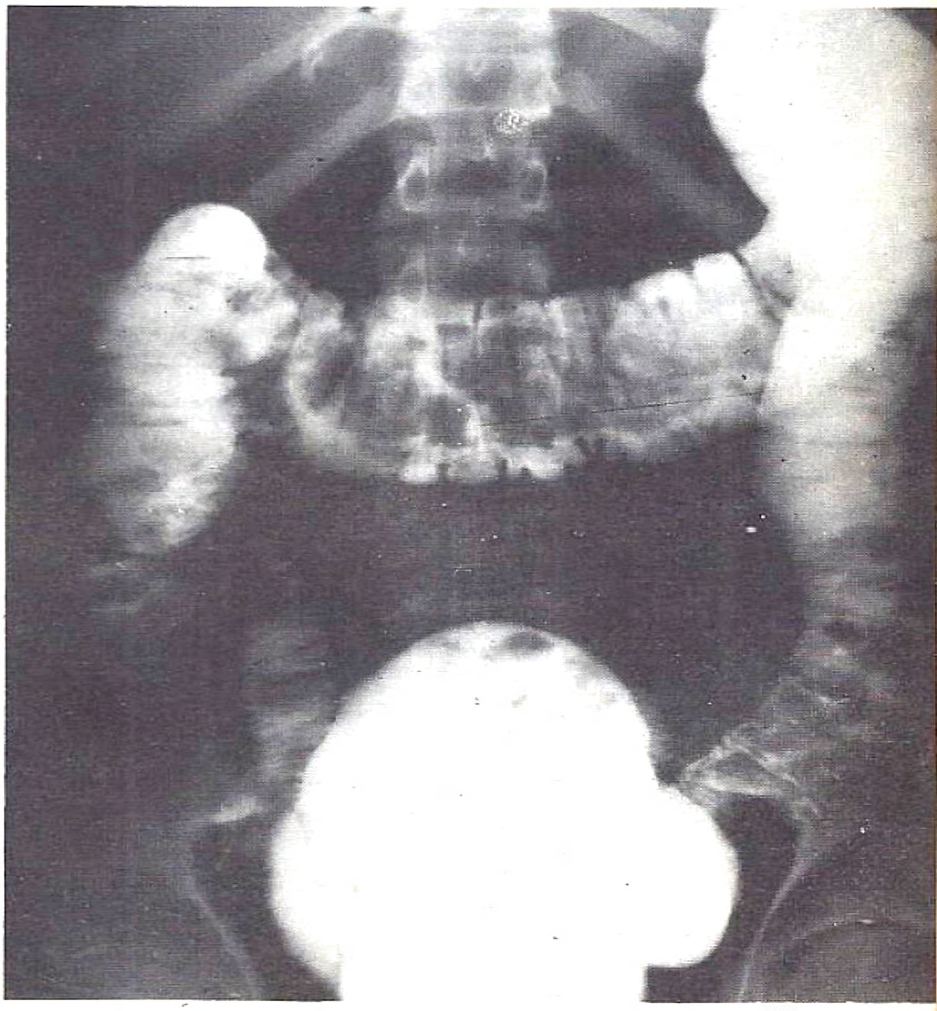
B radiographie de l'estomac

La radiographie a été prise après ingestion d'une bouillie barytée opaque aux rayons X. Remarquez, en avant de la colonne vertébrale, l'arrivée de l'œsophage et, à la partie supérieure de l'estomac, l'air qui s'est accumulé. Les étranglements sont des contractions musculaires qui assurent le brassage du contenu.

C radiographie du gros intestin

La radiographie a été effectuée après avoir donné un lavement baryté. Dans le gros intestin, distinguez :
- sa partie ascendante ;
- sa partie horizontale : devant quelles vertèbres se trouve-t-elle ?
- le coude du gros intestin et ses dernières boucles qui semblent former une masse indistincte.





Observations

observez des dents

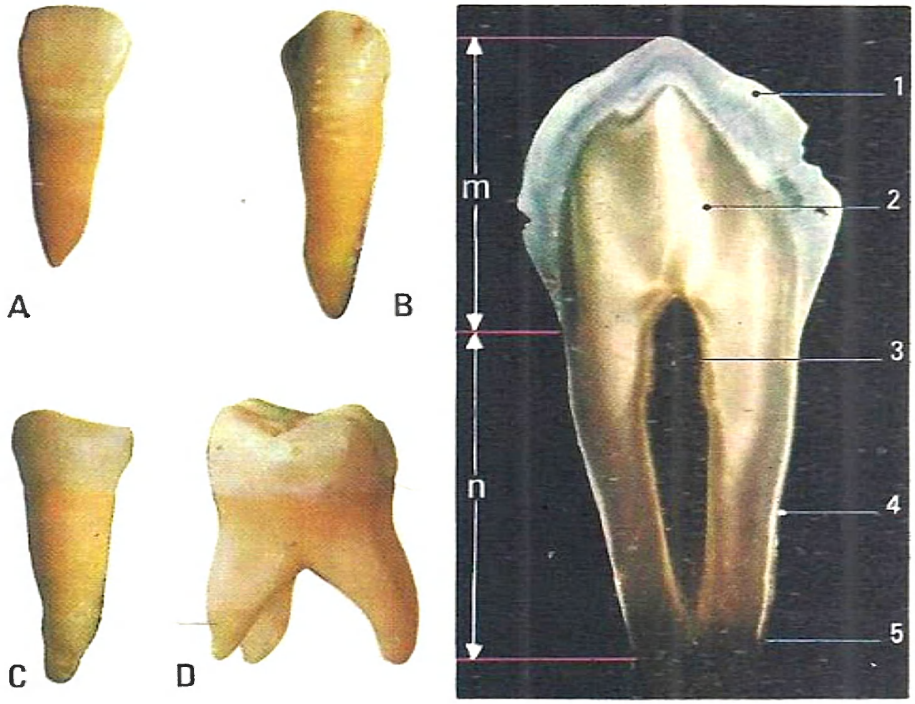
1 Nommez-les et décrivez chacune d'elles.
2 Dessinez ces dents vues de face, puis de dessus et indiquez le rôle de chacune.

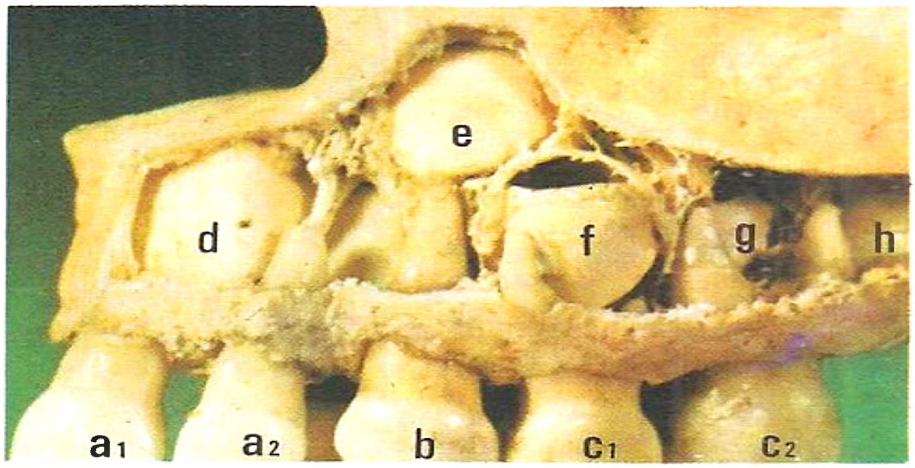
observez la coupe en long d'une dent

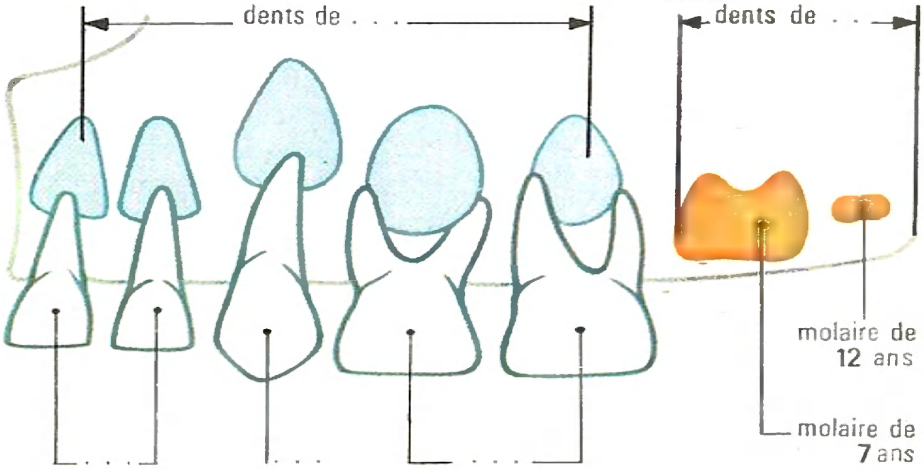
Quelles sont les deux parties de cette dent ? Remarquez le trou dentaire 5 : que passait-il à cet endroit ? Alors, une dent est-elle vivante ?
Dessinez la coupe en long d'une dent ; coloriez votre dessin et indiquez la légende.

étudiez la sortie des dents

• Sur le squelette de la tête d'un enfant (mort à 5 ans), dont le maxillaire supérieur a été découpé comme ci-contre :
1 Identifiez les dents sur une demi-mâchoire. Alors, combien l'enfant avait-il de dents de lait ?
2 Ses prémolaires étaient-elles comme celles de l'adulte ?
3 A l'intérieur du maxillaire, observez les dents en formation ; quelles sont celles qui devaient remplacer les prémolaires ?
La dent **h** est dite molaire de 7 ans.
• Reproduisez le schéma ci-contre et, après avoir étudié la leçon, complétez la légende.







regardez l' « écorché »

Sur l' « écorché », ou à défaut page 6, recherchez la situation des organes du tube digestif et des glandes digestives. La position de l'estomac est-elle la même que sur une radiographie ?

observez une coupe d'intestin grêle

C'est une préparation microscopique colorée (intestin grêle de chat); sachez distinguer :

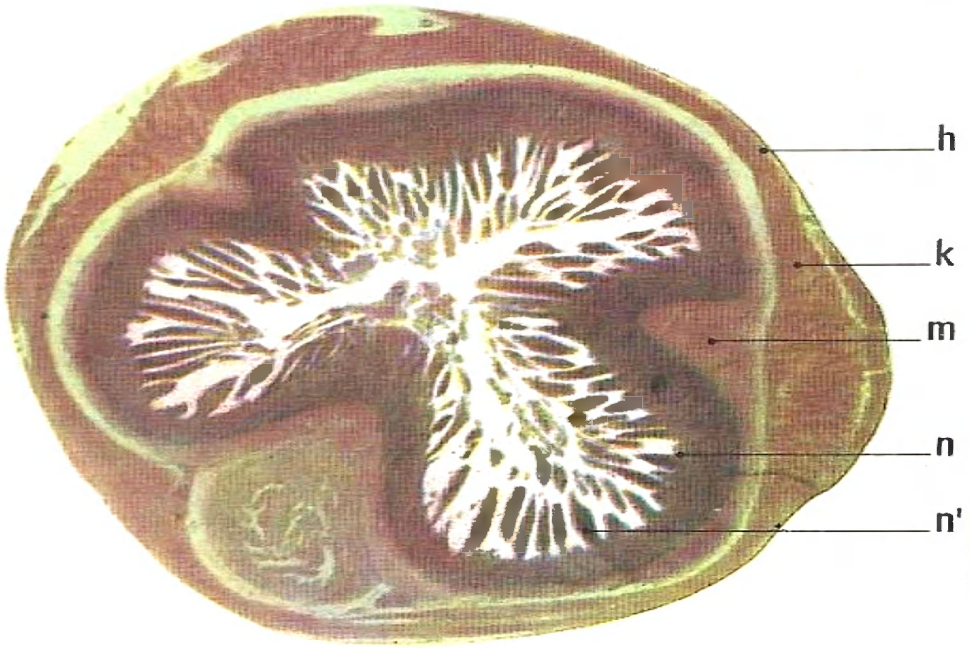
- les couches musculaires **h** et **k**; les fibres musculaires sont-elles disposées de la même façon dans les deux couches ?
- le tissu conjonctif **m**;
- l'épithélium intestinal **n** et les saillies appelées villosités **n'**. Dessinez la coupe de l'intestin grêle et annotez votre dessin.

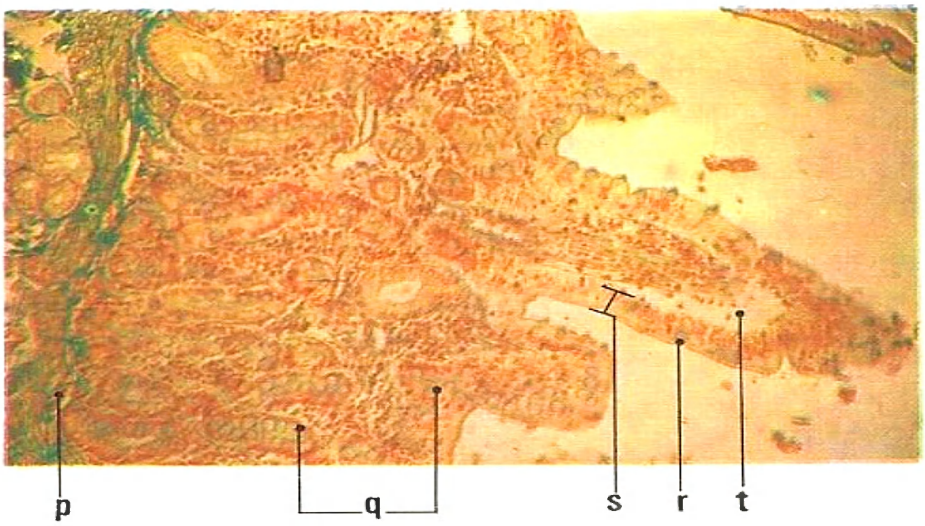
observez deux microphotographies

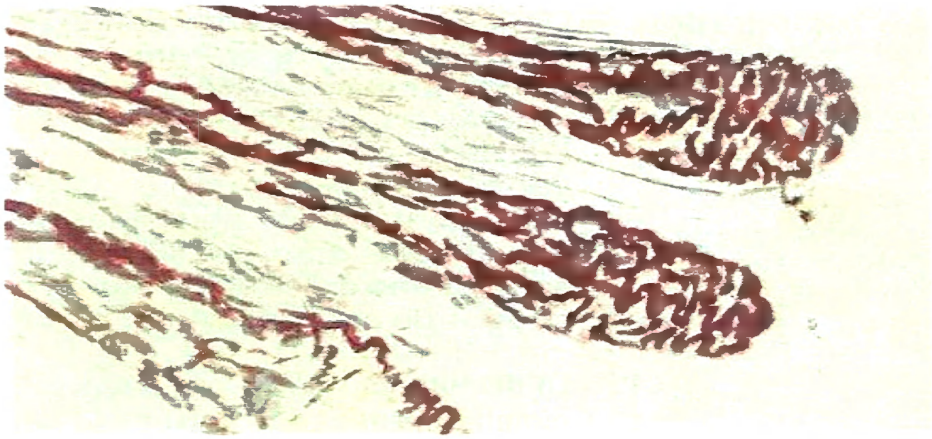
La première montre des villosités vues au fort grossissement; distinguez :

- l'épithélium **s** : de combien de couches de cellules est-il formé ?
- les glandes à mucus **r**, les glandes intestinales **q**, et le tissu conjonctif **t**.

La seconde microphotographie montre des villosités; les capillaires ont été injectés d'un liquide coloré.







La bouche et les dents

la bouche

C'est une cavité limitée par les lèvres, les joues, le plancher de la bouche et le palais que prolongent le voile du palais et la luette **1**. La bouche contient un organe mobile, la langue, et les dents implantées dans les alvéoles creusés dans les maxillaires.

forme et rôle des dents

Une dent comporte deux parties : la couronne et la racine. D'après la forme de la couronne, on distingue quatre sortes de dents **2**.
Les incisives servent à saisir et à couper les aliments; les canines à déchiqueter la viande; les molaires à écraser, broyer les aliments solides; grâce à sa denture, l'homme est omnivore.

D'après la forme de la couronne des dents, on distingue : les incisives, les canines, les prémolaires et les molaires.

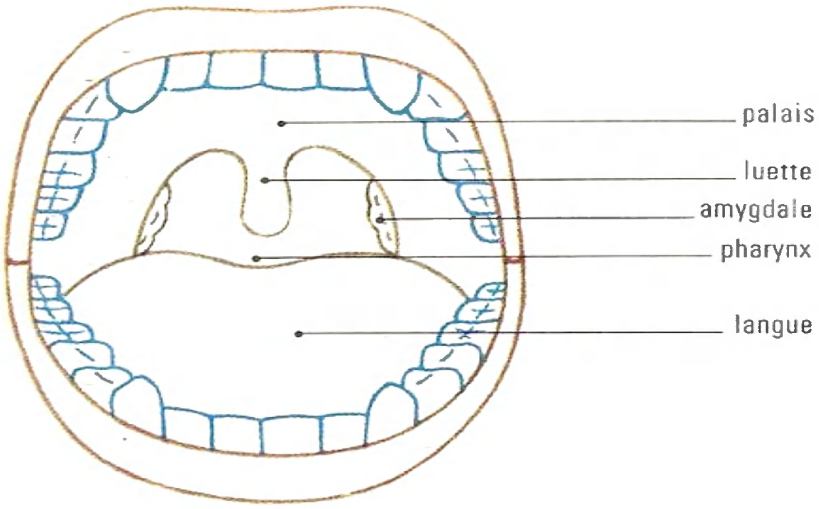
structure d'une dent

Une dent est formée d'ivoire recouvert, selon l'endroit, d'émail ou de cément **3**.
L'ivoire est une substance dure, jaunâtre, qui ressemble à l'os, mais qui est plus riche en sels minéraux (75 % de sels de calcium et de sels de magnésium) que la substance osseuse. A l'intérieur de l'ivoire se trouve une cavité pleine de pulpe dentaire. Celle-ci est rougeâtre, car elle renferme des vaisseaux sanguins. Dans la pulpe existent aussi des filets nerveux qui donnent la sensibilité à la dent.
L'émail protège la couronne, car il est formé par une substance plus dure que l'ivoire, mais aussi beaucoup plus fragile que lui.
Le cément, de couleur jaunâtre, recouvre la racine; il a la même constitution que la substance osseuse.

les deux dentitions

De 3 à 6 ans, l'enfant a 20 dents : c'est sa denture provisoire. Vers 7 ans, les incisives du milieu tombent, car elles sont repoussées par les dents de remplacement; il en est de même ensuite pour les autres dents de lait. En même temps, de nouvelles dents apparaissent en arrière des dents de lait : ce sont les molaires nommées dents de complément. Sur chaque demi-mâchoire, la dernière molaire ne sort qu'entre 20 et 30 ans : c'est ce qu'on appelle la dent de sagesse. Ainsi l'adulte possède 32 dents.

La denture de l'adulte comprend 32 dents : les 20 dents de remplacement et 12 molaires (3 sur chaque demi-mâchoire).

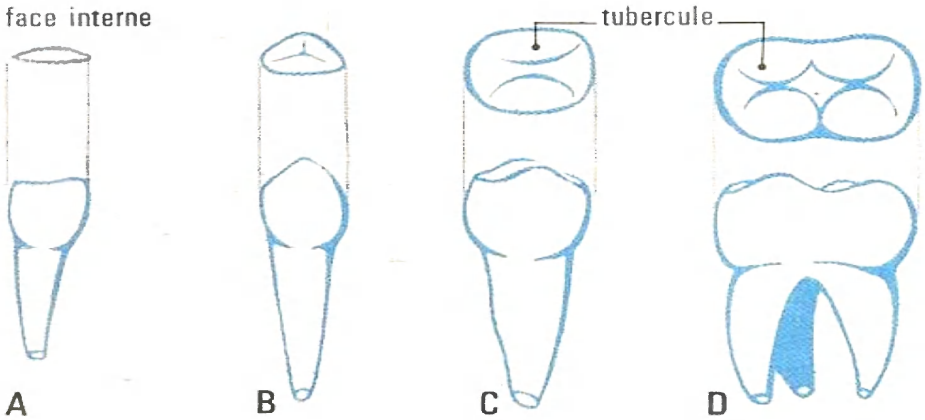


1 la bouche et les dents

Par quoi est limitée la bouche ? Avec quoi communique-t-elle ?

Ci-contre, le schéma représente la denture de l'adulte ; ne confondez pas denture (ensemble des dents d'une personne) et dentition (sortie des dents).

Comptez les différentes sortes de dents par demi-mâchoire.



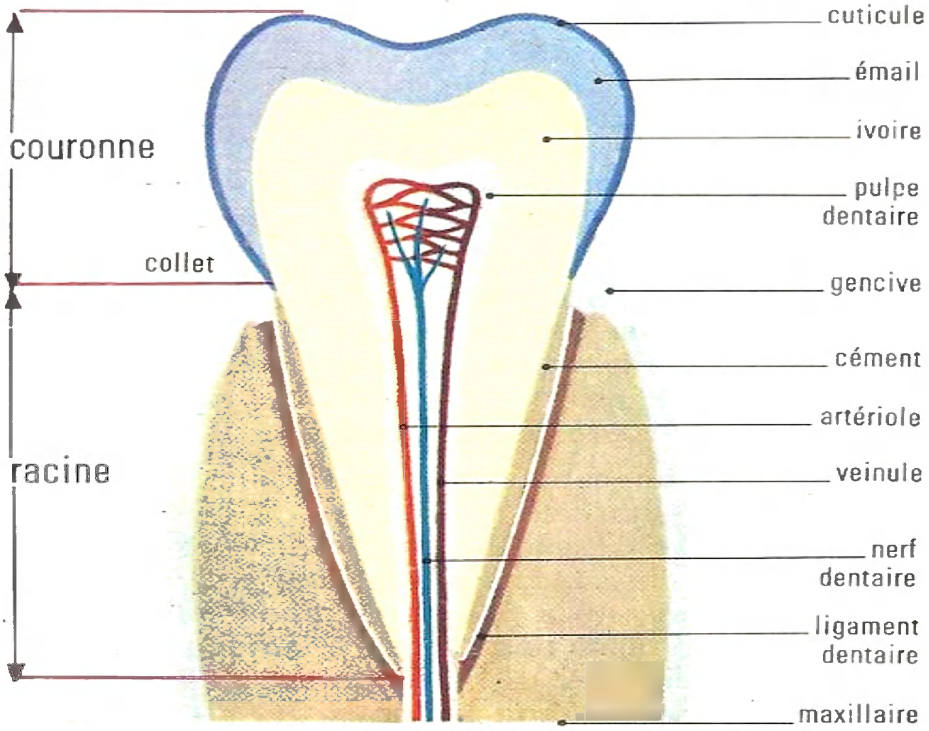
2 les quatre sortes de dents

Les incisives ont une couronne coupante.

Les canines sont terminées par une pointe un peu arrondie.

Les prémolaires ont deux saillies (ou tubercules) séparées par un sillon disposé d'avant en arrière.

Qu'est-ce qui caractérise les molaires ?



3 coupe en long d'une prémolaire en place

Dans quoi la racine est-elle enfoncée ? Par quoi est-elle réunie au maxillaire ?

La racine d'une prémolaire d'adulte est simple, tandis que celle d'une prémolaire d'enfant est double.

Le collet, endroit où se joignent le cément et l'émail, est recouvert par la gencive.

L'émail est protégé par la cuticule qui est inattaquable par les acides alimentaires.

comment on conserve de bonnes dents

1 En évitant de détériorer l'émail des dents en cassant des objets durs (bonbons, noisettes...), en buvant un liquide froid quand on consomme un potage très chaud, ou en rayant l'émail avec un objet métallique (épingle, couteau...).
2 En brossant les dents, matin et soir, afin d'enlever les déchets alimentaires restant entre les dents, car la fermentation de ces déchets produit des acides qui attaquent l'ivoire lorsque l'émail est fêlé, de sorte que la dent se creuse : elle est cariée **4**.
3 En ne suçant pas de bonbons au coucher, car le sucre favorise la carie dentaire.
4 En faisant soigner à temps toute dent cariée, même lorsqu'il s'agit d'une dent de lait.
5 En évitant la décalcification des dents, car une dent décalcifiée se carie facilement. C'est pourquoi l'alimentation doit être assez riche en sels de calcium et en vitamine D ; nous en reparlerons.

Pour conserver de bonnes dents, il faut éviter de détériorer leur émail, se brosser les dents matin et soir, ne pas sucer de bonbons au coucher, éviter la décalcification des dents par une alimentation correcte.

II Les autres organes du tube digestif

le pharynx et l'œsophage

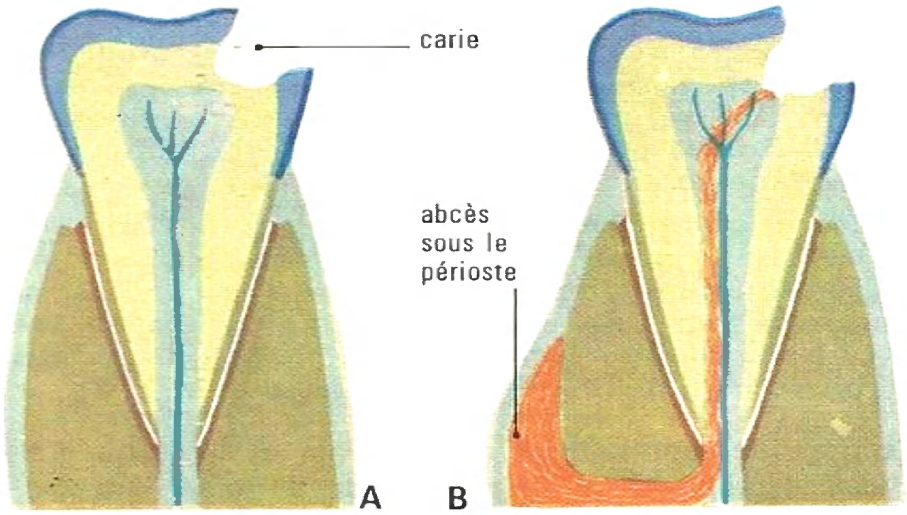
Le pharynx **5** est un carrefour qui résulte de l'entrecroisement de la voie digestive (bouche, œsophage) et de la voie respiratoire (fosses nasales, trachée-artère). La luette et l'épiglotte assurent momentanément la fermeture de la voie respiratoire quand nous avalons, c'est-à-dire pendant la déglutition. L'œsophage est un conduit de 30 cm de long qui traverse le diaphragme et s'ouvre dans l'estomac.

l'estomac

C'est une poche en forme de **J** qui communique, d'une part, avec l'œsophage et, d'autre part, avec l'intestin grêle par l'intermédiaire du pylore. C'est un rétrécissement muni d'un anneau musculaire assurant la fermeture du pylore ou, en se relâchant, son ouverture pour le passage des aliments.

description de l'intestin

L'intestin est un tube contourné dans lequel on distingue deux parties :
— l'intestin grêle (2 à 3 cm de diamètre), replié sur lui-même, car sa longueur atteint 6 à 8 m ;
— le gros intestin (6 à 8 cm de diamètre), dont la longueur ne dépasse pas 1,5 m, à surface bosselée, où s'accumulent les déchets de la digestion. Le gros intestin se termine à l'anus.



4 la carie dentaire et ses dangers

A Quand l'ivoire se creuse, on dit que la dent est cariée; elle fait mal, car le nerf n'est plus bien protégé.

B Quand la pulpe dentaire est à nu, des microbes s'y développent et, par le trou dentaire, peuvent gagner le maxillaire. Il se produit alors un abcès dentaire.

cette partie a été découpée

5 schéma de l'appareil digestif

Où commence le tube digestif ? Suivez-le et indiquez le nom des organes qu'il comprend. Quelle est la forme de l'estomac ?

Là où l'intestin grêle débouche dans le gros intestin, il y a une valvule qui s'oppose au passage du contenu du gros intestin vers l'intestin grêle.

Le cœcum est une sorte de cul-de-sac qui porte un fin tube nommé appendice, dont l'inflammation est l'appendicite.

Quelles sont les glandes digestives les plus grosses ? Où débouchent leurs canaux ? Dans quels organes existe-t-il d'autres glandes digestives ?

structure de l'intestin grêle

La surface interne de l'intestin grêle présente des replis transversaux **7** et de fines saillies en forme de doigts ou villosités intestinales. Tous ces replis (environ 800 pour l'intestin grêle) et ces villosités (jusqu'à 3 000 par cm^2) donnent à l'intestin grêle une surface interne considérable (50 m^2).

L'observation microscopique d'une coupe d'intestin montre que la paroi de l'intestin grêle comprend :
— vers l'intérieur, un épithélium simple, c'est-à-dire formé par une seule couche de cellules **8** ;
— du tissu conjonctif et, vers l'extérieur, deux couches constituées de fibres musculaires **7**.

La surface de contact entre les aliments et l'intestin grêle est considérable du fait de l'existence de replis transversaux de la paroi de l'intestin et des villosités intestinales.

III Les glan

les glandes salivaires

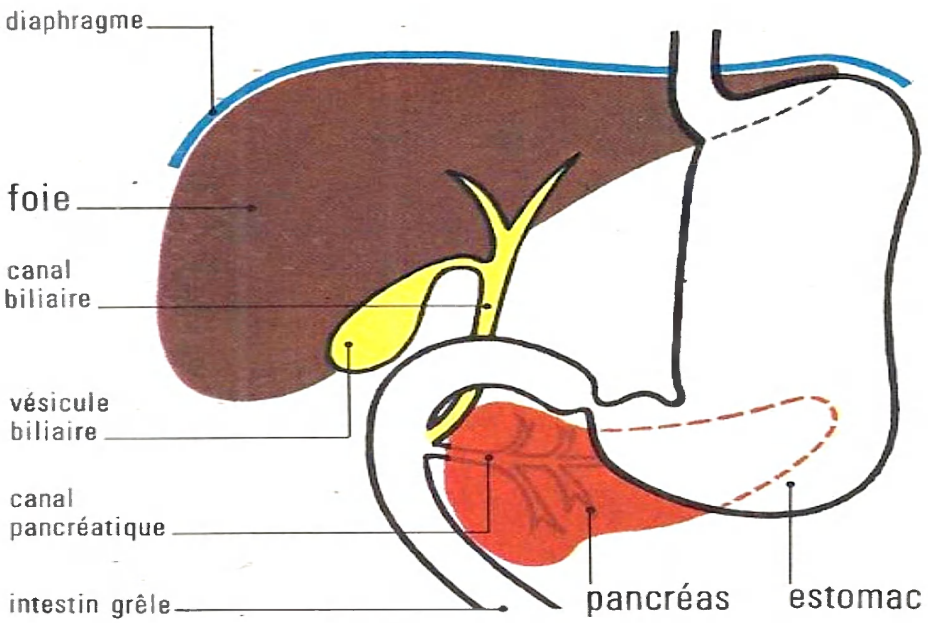
les glandes gastriques

le pancréas

le foie

les glandes intestinales

cette partie a été découpée sur cet exemplaire



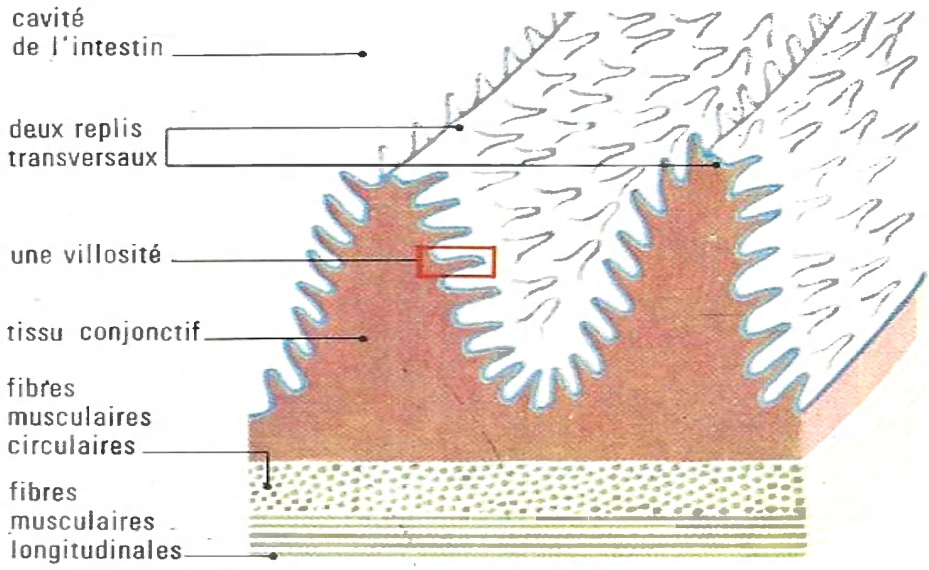
6 l'estomac, le foie et le pancréas

Comment appelle-t-on l'étranglement qui sépare l'estomac et l'intestin grêle ?

Que faut-il pour que le pylore s'ouvre ?

Où s'accumule la bile au fur et à mesure qu'elle est sécrétée ?

A quel endroit de l'intestin la bile s'écoule-t-elle ? En est-il de même chez la souris ?

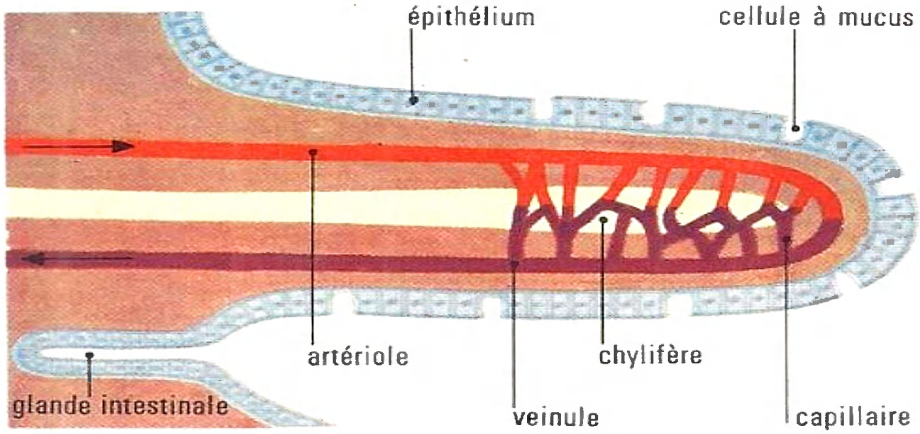


7 un fragment d'intestin grêle

Il est dessiné comme s'il était coupé à la fois en travers et en long.

Que présente sa surface interne ? Qu'est-ce qui lui donne son aspect velouté ?

Qu'est-ce qui peut faire progresser le contenu de l'intestin ?



8 coupe en long très grossie d'une villosité

Pourquoi dit-on que c'est un épithélium simple qui tapisse l'intérieur de l'intestin ?

Dans une villosité, il existe des capillaires sanguins et, au centre, un vaisseau lymphatique appelé chylifère.

la digestion

Observations

mâchez une bouchée de pain

1 Mâchez-la très longuement et recherchez :
- pourquoi elle devient de plus en plus molle;
- si elle a toujours le même goût.

Qu'en concluez-vous ?

2 Avalez-la après avoir posé un doigt sur la « pomme d'Adam » : que remarquez-vous ?

faites une expérience

Dans une capsule en porcelaine ou en tôle servant de bain-marie, mettez 5 tubes (voyez leur contenu p. 95, 1).

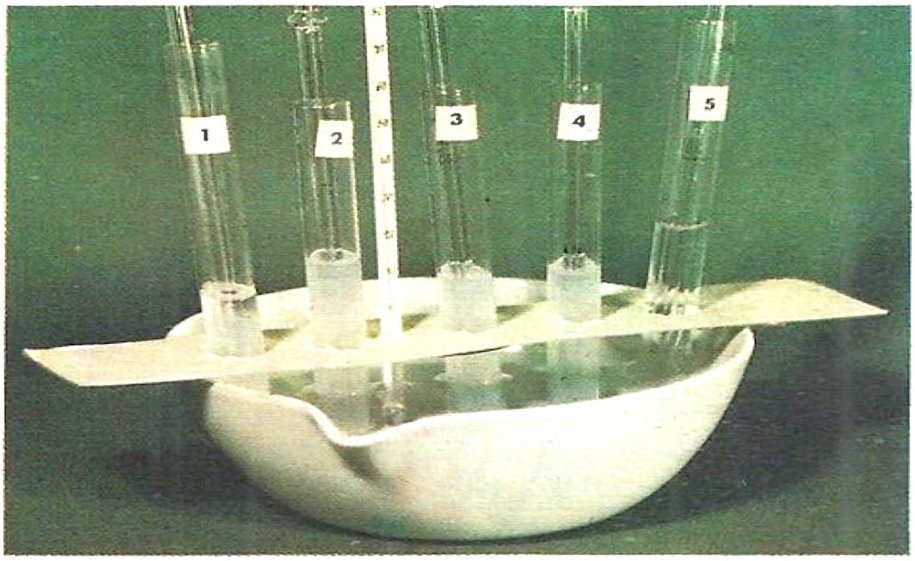
1 Comment obtenez-vous un lait d'amidon ? et un empois ?

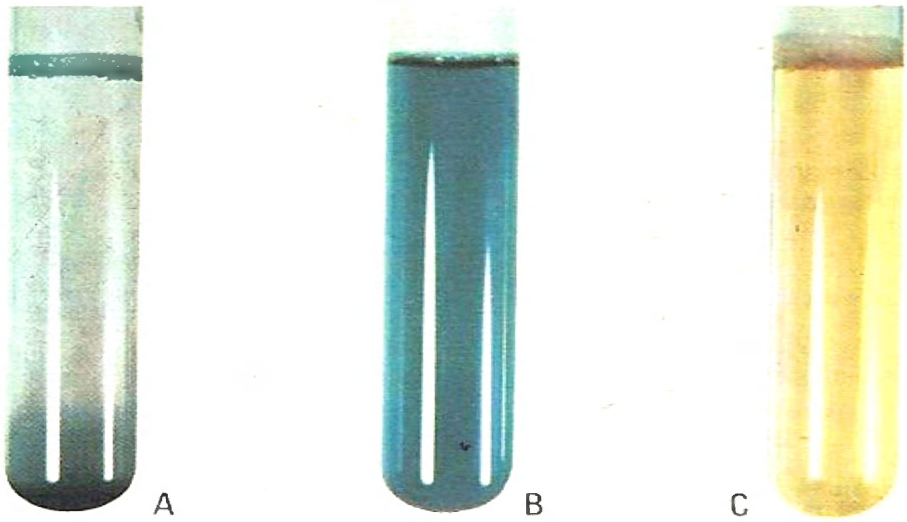
2 Comment nomme-t-on communément le saccharose ?

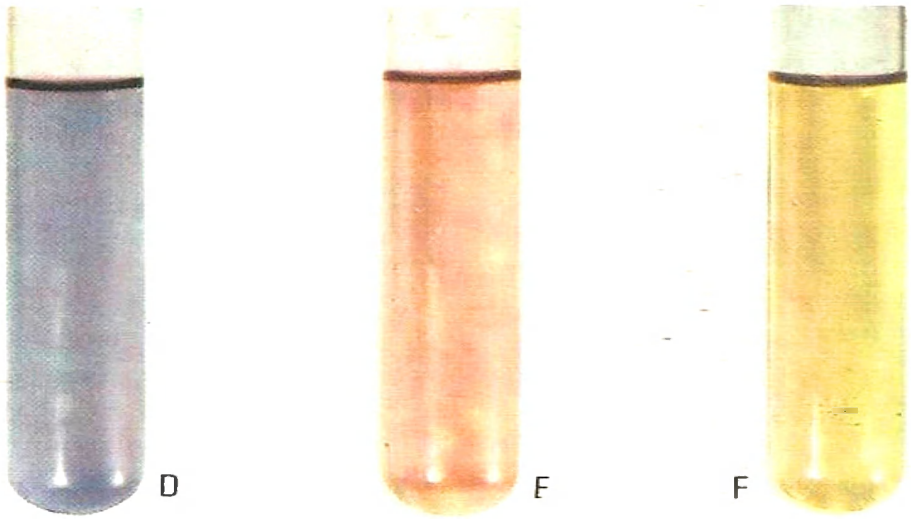
3 Dès que l'expérience est montée, prélevez un peu du contenu de chacun des tubes et ajoutez-y quelques gouttes d'eau iodée :
- en A, où a-t-on fait le prélèvement ? Justifiez votre réponse.
- en B, le prélèvement a pu être fait dans les tubes 2, 3 et 4 ; quelle coloration obtient-on ?
- en C, le prélèvement a été effectué dans le tube 5 ; concluez !

4 Toutes les 2 mn, effectuez un prélèvement dans le tube 3 et ajoutez de l'eau iodée ; qu'observez-vous ? qu'en concluez-vous ?

Interprétez ce qu'on a photographié ci-contre.

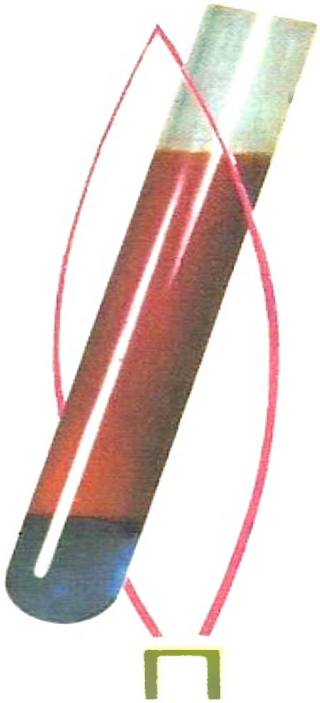




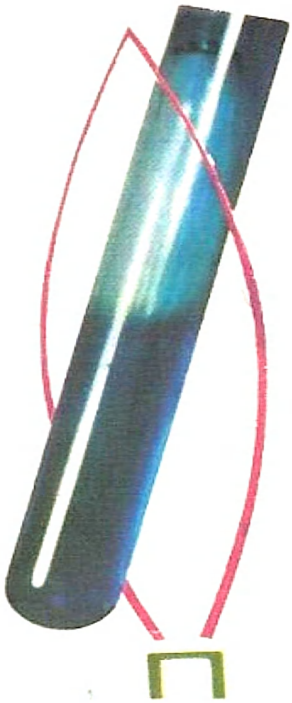


action sur la liqueur de Fehling

1 Quand l'eau iodée ne colore plus un prélèvement effectué dans le tube 3, versez le contenu du tube 3 dans de la liqueur de Fehling bouillante A : que constatez-vous ?
2 Faites de même avec le contenu du tube 5 ; faites bouillir comme en B : que remarquez-vous ? Le saviez-vous ?



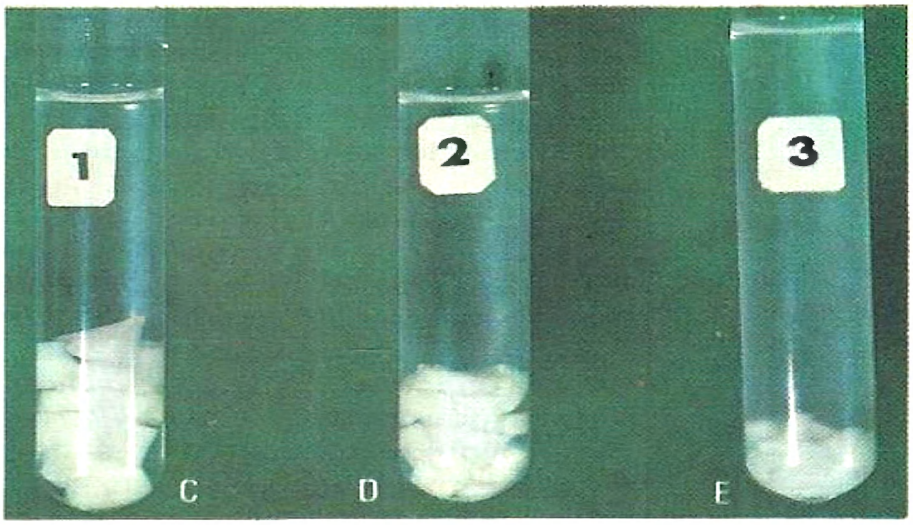
A



B

la digestion de l'albumine

Dans trois tubes mettez de petits cubes de blanc d'œuf, ajoutez de l'eau, puis un peu d'acide chlorhydrique dans les tubes 2 et 3, et de la pepsine dans le tube 3. Mettez les trois tubes dans un bain-marie à 38°.
La pepsine est extraite du suc gastrique.
Après plusieurs heures, comme ci-contre, que remarquez-vous ? qu'en concluez-vous ?



l'huile peut être émulsionnée

1 Que feriez-vous pour obtenir une émulsion instable ? Que contient-elle ?
2 En G, on a ajouté de la bile au contenu du tube F ; qu'a-t-on obtenu ? Si vous observiez au microscope une goutte de ce liquide, que constateriez-vous ? Regardez page 75, **3** A : qu'est-ce qui caractérise une émulsion stable ?

F

G

Étude de la digestion salivaire

observations

Si nous mâchons longuement une bouchée de pain :
— elle devient de plus en plus molle parce que le pain est trituré par les dents et imprégné de salive ; ce sont des phénomènes mécaniques ;
— peu à peu, la bouchée de pain devient sucrée ; il s'est donc produit une transformation chimique.

Dans la bouche, les aliments subissent la mastication et, pour certains aliments, des transformations chimiques.

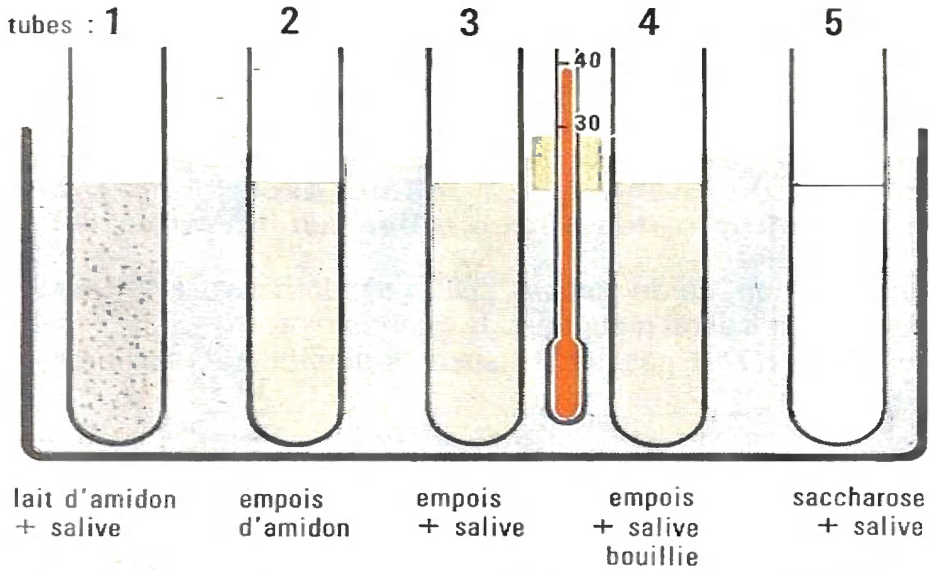
étude expérimentale

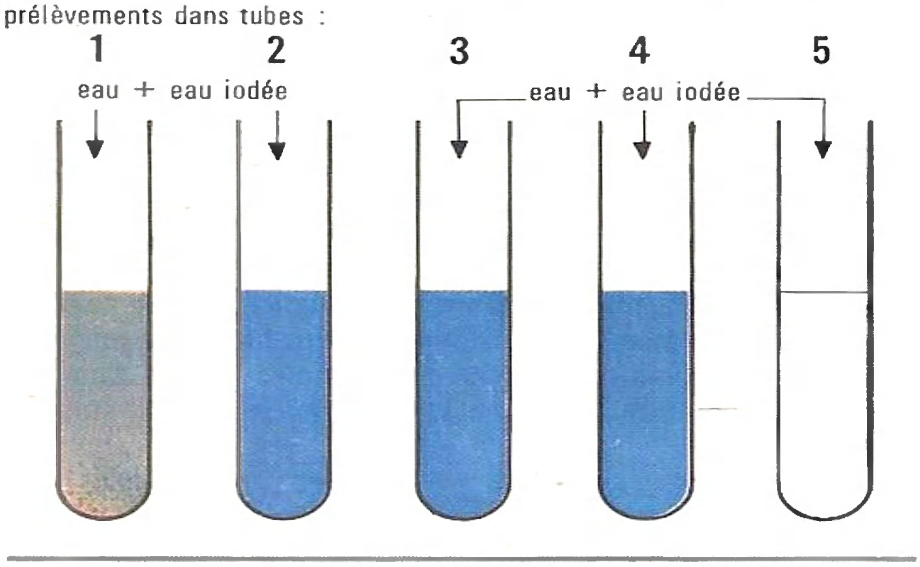
Afin de rechercher en quoi consiste la digestion salivaire on réalise une digestion artificielle, c'est-à-dire en dehors de l'organisme ; on dit aussi une digestion in vitro : par opposition à in vivo, dans l'être vivant, in vitro caractérise une expérience faite dans des récipients en verre (tubes à essais). Comme le pain contient de l'amidon, on fait agir la salive sur de l'amidon : d'une part, de l'amidon cuit (ou empois) comme dans le pain ; d'autre part, sur de l'amidon cru (ou lait d'amidon), d'où les quatre tubes dessinés en **1** ; dans un cinquième tube, on a mis un autre glucide, le saccharose, et de la salive. Au début, on prélève une partie du liquide contenu dans chacun des tubes, on ajoute de l'eau et quelques gouttes d'eau iodée **2** :
— le liquide provenant des quatre premiers tubes se colore en bleu : le lait d'amidon se colore en bleu-noir, tandis que l'empois se colore en bleu roi;
— le contenu du tube 5 ne se colore pas; ainsi :

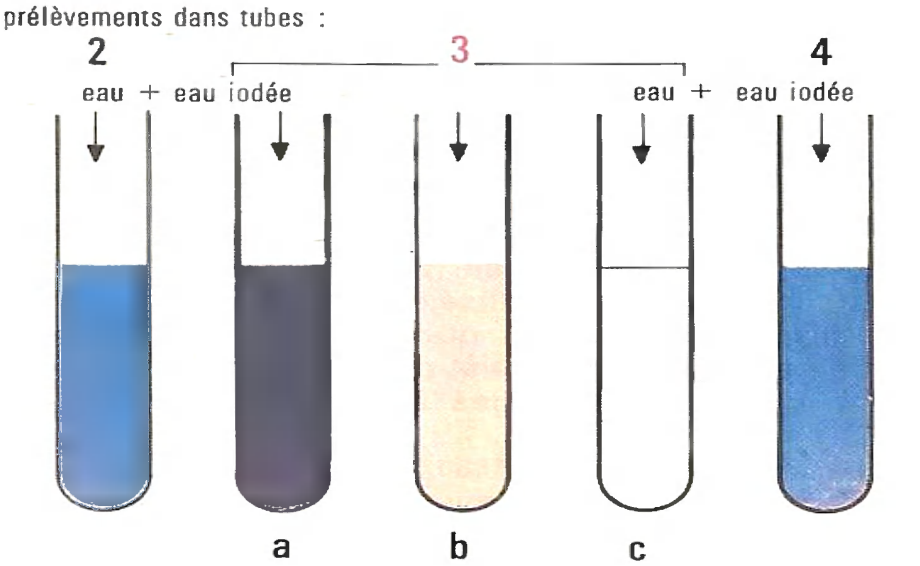
L'eau iodée permet de caractériser l'amidon cru ou cuit.

Toutes les 2 mn, on prélève un peu du contenu des quatre premiers tubes et on ajoute de l'eau iodée **3** :
— le contenu des tubes 1, 2 et 4 donne toujours la même coloration bleue (bleu-noir ou bleu roi) ;
— le contenu du tube 3 donne une coloration violette, puis rose; au bout de 10 mn, il ne se colore plus : alors, le tube 3 ne contient plus d'amidon; ainsi :

• La salive transforme chimiquement l'amidon cuit (empois), alors qu'elle n'agit pas sur l'amidon cru (lait d'amidon).
• La salive perd son pouvoir digestif lorsqu'on la fait bouillir ; c'est donc que la salive contient une substance destructible par la chaleur ; cette substance est une diastase.







1 mise en route d'une digestion in vitro

Pourquoi dit-on digestion in vitro ?

Indiquez ce que l'on a introduit dans chacun de ces tubes.

Comment obtient-on un empois d'amidon ?

Pourquoi maintient-on la température du bain-marie à 38° ?

Dès que les tubes sont prêts, pourquoi fait-on un prélèvement ?

2 vérifications dès la mise en route

Que fait-on ? Qu'observe-t-on ? Alors, pourquoi dit-on que l'eau iodée est le réactif de l'amidon ?

L'eau iodée donne-t-elle la même coloration avec l'amidon cru et l'amidon cuit ?

L'eau iodée agirait-elle sur du glucose ?

3 au bout de 4 à 10 mn

Les prélèvements dans le tube 3 sont faits au bout de 4 mn (**a**), de 6 mn (**b**), et de 10 mn (**c**) : quelles teintes obtient-on avec l'eau iodée en **a** et **b** ? En **c**, l'eau iodée agit-elle encore ? qu'en concluez-vous ? Les prélèvements dans les tubes 2 et 4 ne sont effectués qu'au bout de 10 mn; que prouve la coloration obtenue ?

ce qu'est devenu l'amidon

Au bout de 10 mn, pour savoir ce que contient le tube 3, on verse une partie de son contenu dans de la liqueur de Fehling bouillante **4** A; elle est réduite, ce qui prouve que le tube 3 contient un sucre réducteur. Les chimistes ont montré que ce sucre est du maltose. La même expérience faite avec le contenu des autres tubes est négative **4** B.

- **Sous l'action de la salive, seul l'amidon cuit est transformé en un sucre réducteur, le maltose.**
- **La salive n'agit pas sur le sucre ordinaire ou saccharose.**

le rôle d'un suc digestif

L'expérience de digestion artificielle met en évidence que la salive transforme l'amidon cuit en une substance soluble dans l'eau : le maltose.
D'autre part, les chimistes ont établi que :
— le maltose est une substance chimique beaucoup plus simple que l'amidon ; ainsi la digestion salivaire provoque la dislocation de l'amidon **5** ;
— la transformation de l'amidon en maltose se produit avec l'intervention de l'eau ; c'est pourquoi on dit que c'est une hydrolyse ;
— cette transformation se produit sous l'action d'une diastase nommée amylase salivaire pour rappeler qu'elle n'agit que sur une substance amylacée.

La digestion transforme les aliments simples en substances chimiques encore plus simples. Ces transformations, qui provoquent la dislocation des aliments simples par action de l'eau, sont des hydrolyses; elles se font grâce aux diastases.

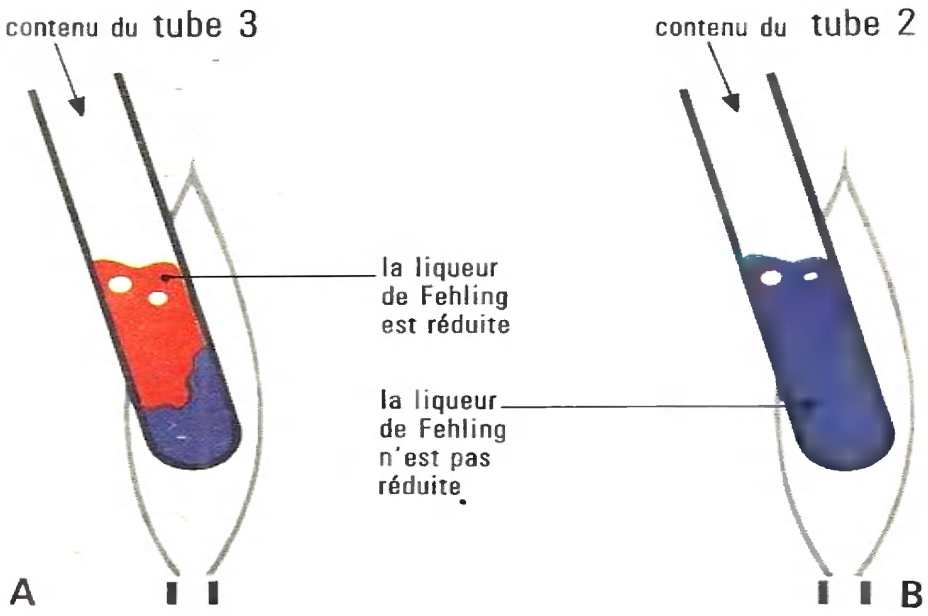
II Définition de la digestion et résultat

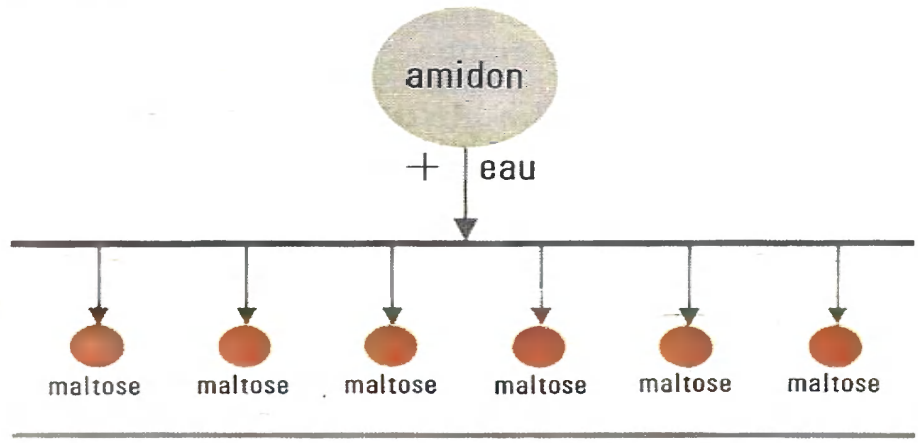
observations

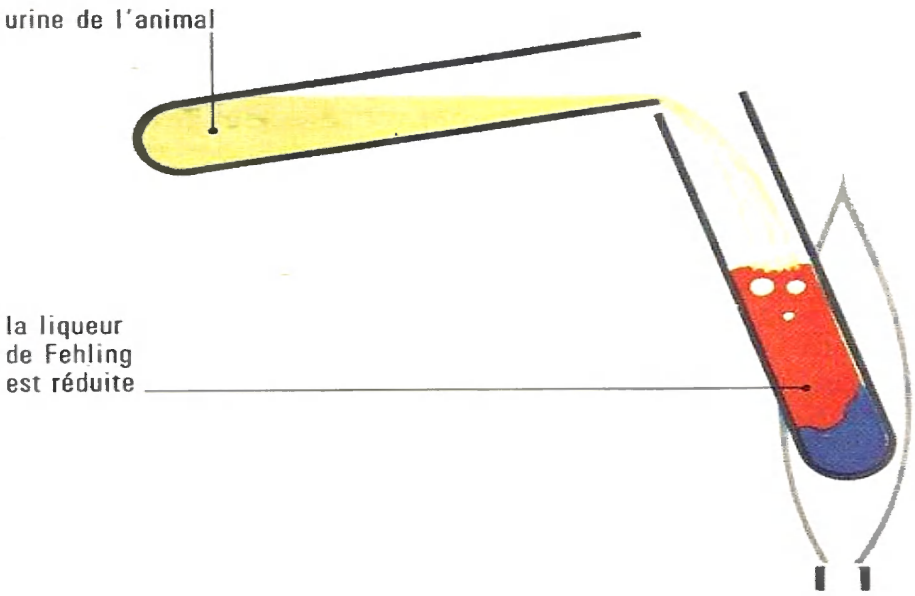
Si l'on injecte une solution de maltose à un animal, pendant les heures qui suivent l'injection on peut caractériser le maltose dans l'urine de l'animal par son action sur la liqueur de Fehling **6**. Ainsi ce n'est pas parce qu'une substance est soluble dans l'eau qu'elle est utilisable par l'organisme.

Si l'on injecte du glucose à un animal, son urine ne contient pas de glucose (comment le vérifier ?). Le glucose est donc utilisé, sans transformation, par les cellules ; on dit que le glucose est une substance assimilable. C'est pourquoi, pour alimenter des opérés, on fait des injections de glucose.

Certains aliments simples (eau, sels minéraux, glucose, vitamines) ne subissent aucune transformation chimique dans le tube digestif et sont utilisables par nos cellules.







4 en fin d'expérience

A Quand on verse le contenu du tube 3 dans de la liqueur de Fehling portée à l'ébullition, qu'observe-t-on ? qu'en conclut-on ?

B Le contenu du tube 2 réduit-il la liqueur de Fehling ?

L'expérience serait négative aussi avec le contenu des tubes 1, 4 et 5 ; alors, que détruit-on lorsqu'on fait bouillir de la salive ?

5 la dislocation de l'amidon

Sous l'action de l'eau, et grâce à une diastase, une particule d'amidon donne plus de 300 particules de maltose. Cette transformation chimique, qui s'effectue sous l'action de l'eau, est appelée hydrolyse (du grec : hudôr, eau et lusis, décomposition).

6 le maltose injecté est caractérisable dans l'urine

Quand on injecte du maltose à un chien, son urine en contient ; qu'est-ce qui vous le prouve ? Alors, le maltose est-il utilisable par les cellules de l'animal ? et le glucose ?

les étapes de la digestion

Dans la bouche, la salive agit sur l'amidon cuit; mais son action est incomplète, car nous ne mastiquons pas longtemps. Dès que les aliments sont réunis en une boulette, celle-ci est déglutie **7**.

Dans l'estomac, les glucides (amidon non modifié, maltose et autres sucres) et les lipides ne sont pas transformés. Sous l'action du suc gastrique :
— le lait se caille, car le suc gastrique contient de la présure; la caséine forme le caillé (page 80);
— les protides (gluten du pain, albumine du lait et de la viande, caséine) se transforment en substances plus simples, les peptones, solubles dans l'eau.
Ces transformations chimiques sont favorisées par le brassage des aliments dans l'estomac **8**. Après quelques heures, les aliments sont réduits en une bouillie, le chyme, qui est lancée dans l'intestin.

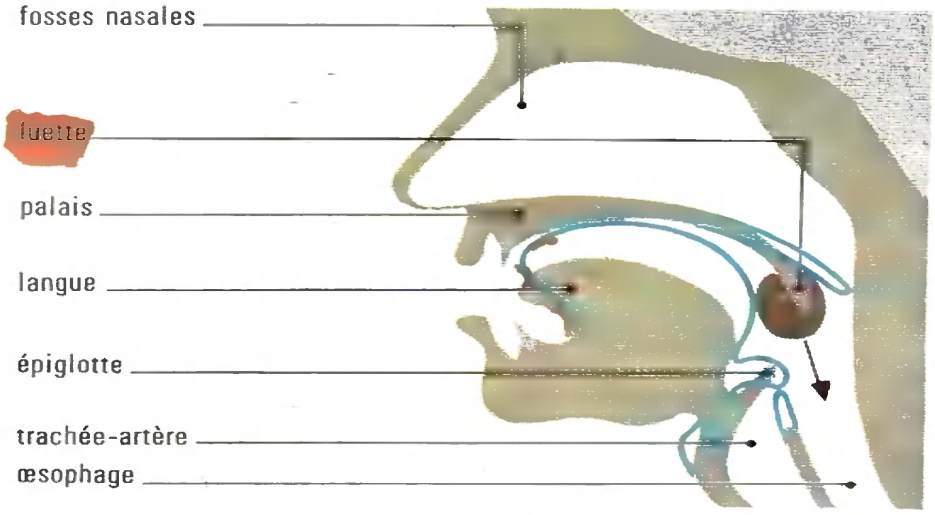
Dans l'intestin grêle, l'arrivée du chyme provoque l'écoulement du suc pancréatique, de la bile et du suc intestinal. Sous l'action de ces trois liquides :
— les protides sont disloqués et les peptones aussi; il se forme alors des acides aminés;
— les lipides, grâce à l'action de la bile, sont émulsionnés c'est-à-dire fragmentés en gouttelettes;
— les glucides (sauf la cellulose qui ne subit aucune modification chimique) sont transformés en glucose ou en sucres voisins du glucose; c'est ainsi que le maltose est transformé en glucose.

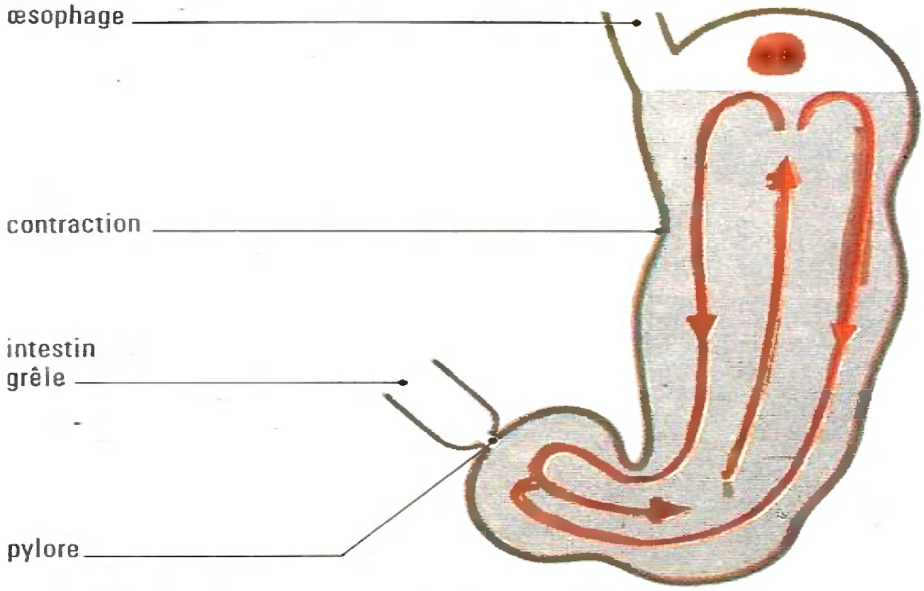
La digestion comporte à la fois deux sortes d'actions :
• des phénomènes mécaniques (mastication, brassage dans l'estomac et l'intestin) : les aliments composés sont finement divisés, de sorte que les aliments simples sont séparés;
• l'action des sucs digestifs : les uns émulsionnent les corps gras, les autres hydrolysent les protides et les glucides.

le résultat de la digestion

Lorsque la digestion s'achève, le contenu de l'intestin grêle est un liquide blanchâtre qui renferme :
1 Un ensemble de substances pouvant passer à travers la paroi de l'intestin : c'est le chyle; il contient :
— des substances dissoutes dans l'eau : sels minéraux, glucose et sucres voisins, acides aminés;
— une émulsion stable, d'où sa couleur blanche;
2 Des substances inutilisables par l'organisme ou déchets : ce sont des aliments ayant échappé à l'action des sucs digestifs (environ 10 %) et des substances sur lesquelles nos sucs n'agissent pas.

Au cours de leur trajet dans l'intestin grêle, les substances dissoutes (sels minéraux, glucose et sucres voisins, acides aminés) et les gouttelettes de graisse passent à travers la paroi des villosités intestinales : c'est l'absorption intestinale.





aliments simples	action des sucs digestifs			résultat de la digestion
	salive	suc gastrique	suc pancréatique et suc intestinal	
eau, sels minéraux vitamines	→		→	eau, sels minéraux vitamines
amidon cuit	maltose →		glucose →	glucose et sucres voisins
amidon cru	→		glucose →	
sucres	→		glucose et autres sucres	
lipides	→		émulsion →	émulsion
protides	→	peptones	acides aminés →	acides aminés

7 la déglutition

Lorsqu'une boulette d'aliments, poussée par la langue, arrive dans le pharynx, elle ne peut s'engager que dans l'œsophage, car :

- le voile du palais et la luette s'appliquent contre la paroi des fosses nasales;
- la trachée-artère remonte (comment le savez-vous ?) et l'épiglotte, en se recourbant, obture l'orifice de la trachée-artère.

8 le brassage des aliments dans l'estomac

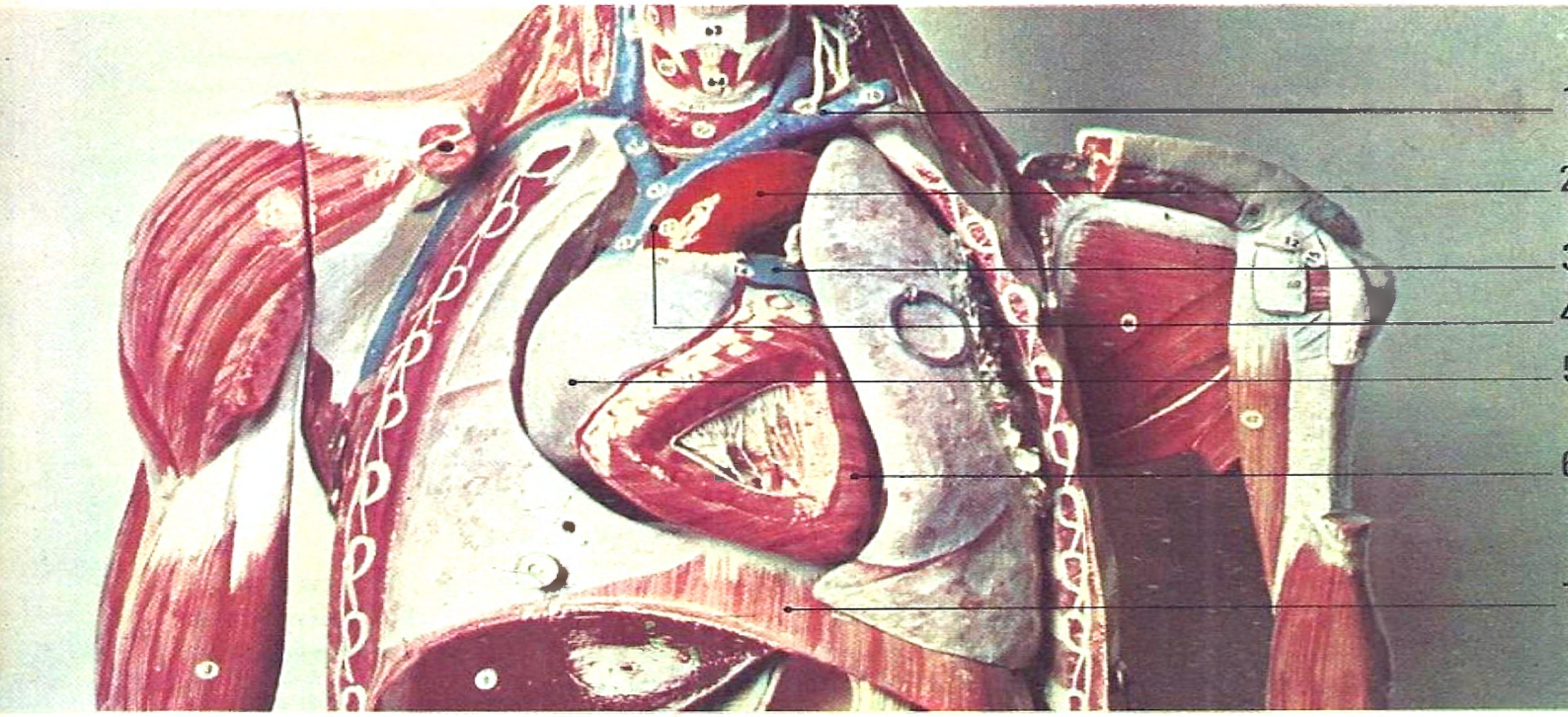
Comment peut-on observer le brassage du contenu de l'estomac ?

Ce brassage divise les aliments et les imprègne de suc gastrique. Lorsque les aliments sont réduits en une bouillie suffisamment acide, le pylore s'entrouvre et laisse passer un jet de chyme dans l'intestin grêle. Normalement, l'estomac est vide 6 h environ après un repas.

9 vue d'ensemble sur la digestion

Quels sont les aliments qui ne subissent aucune transformation chimique dans notre tube digestif ? En quoi les glucides sont-ils transformés ? Par quels sucs digestifs ? et les protides ? Regardez page 93, G et dites pourquoi le contenu de l'intestin grêle est blanc lorsque la digestion s'achève.

10 l'appareil circulatoire et la circulation



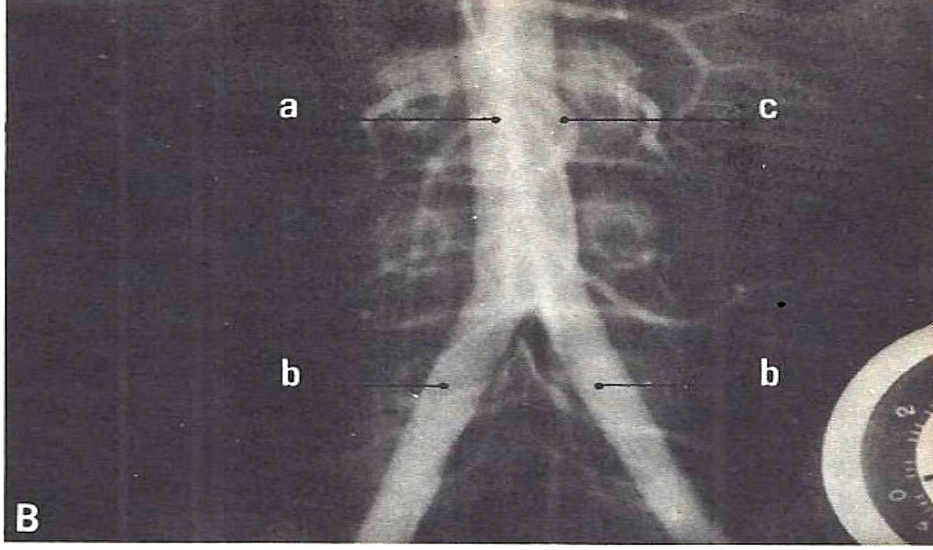
Au cours de la dissection d'un petit Mammifère (page 4), nous avons observé :
— dans la cage thoracique, le cœur situé entre les poumons ; il a la forme d'un cône dont le sommet, appelé pointe du cœur, est en contact avec le diaphragme. Le cœur se trouve dans un sac à double paroi, le péricarde ;
— un peu partout dans le corps, de nombreux vaisseaux sanguins de grosseur différente ; ils contiennent un liquide rouge, le sang, qui s'écoule à la moindre blessure.

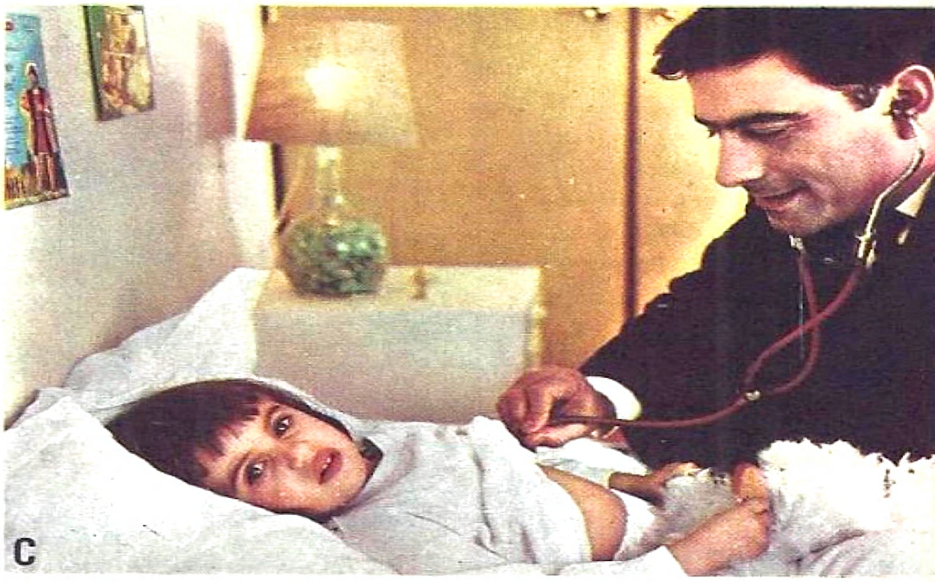
Le cœur et les vaisseaux sanguins constituent l'appareil circulatoire sanguin. L'observation de l' « écorché » permet de connaître la disposition des vaisseaux sanguins (artères et veines) et de savoir ce qu'ils contiennent : du sang rouge clair, dit sang rouge, pour les vaisseaux colorés en rouge, et du sang noirâtre, le sang noir, pour ceux colorés en bleu.

A B le cœur et les gros vaisseaux

A Sur l' « écorché », distinguez les parties 5 et 6 du cœur (nommez-les), l'aorte 2, l'artère pulmonaire 3, la veine cave supérieure 4, la veine sous-clavière gauche 1. Sur quoi repose la pointe du cœur ?

B Après avoir injecté dans les artères une substance opaque aux rayons X, on a fait une radiographie. Sur celle-ci on voit l'aorte **a**, les artères iliaques **b** et une artère **c** qui irrigue diverses parties du gros intestin.



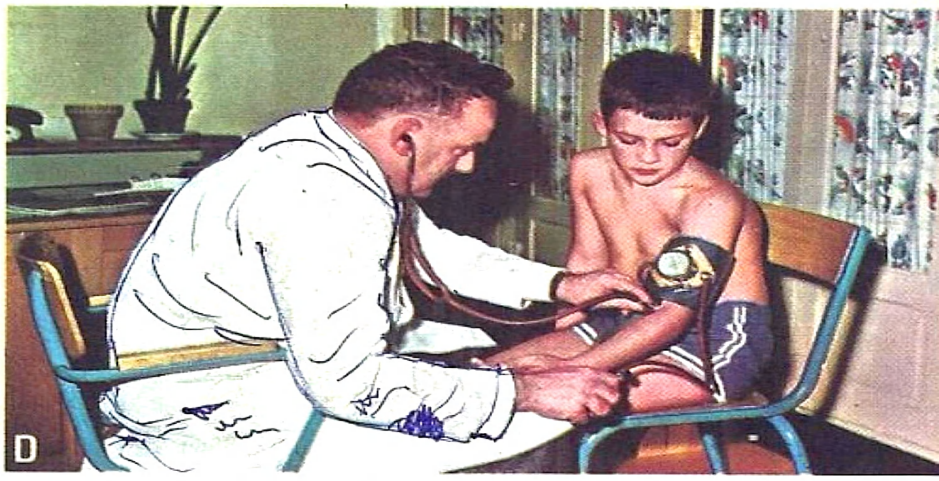


C E ce qu'on fait pour vérifier la circulation

C Le stéthoscope est un instrument utilisé par le médecin pour écouter les bruits du cœur ou des poumons.

D Pour mesurer la pression artérielle, on entoure le bras d'un brassard dans lequel on comprime de l'air pour empêcher le sang de circuler dans l'artère du bras. Lorsque l'on décomprime l'air, on entend un son au moment où le sang passe de nouveau dans l'artère : on lit alors, sur le manomètre, la tension maximum.

E Pour prendre le pouls, on presse un peu l'artère qui se trouve sur le radius; le doigt est soulevé rythmiquement; cette sensation de choc est le pouls.



Observations

orientez un cœur de mouton

On reconnaît la face ventrale à un sillon qui la traverse obliquement de haut en bas et de droite à gauche. Par suite, la gauche du cœur est à main droite et inversement.

1 Alors, à droite du sillon, que distinguez-vous ? et à sa gauche ?

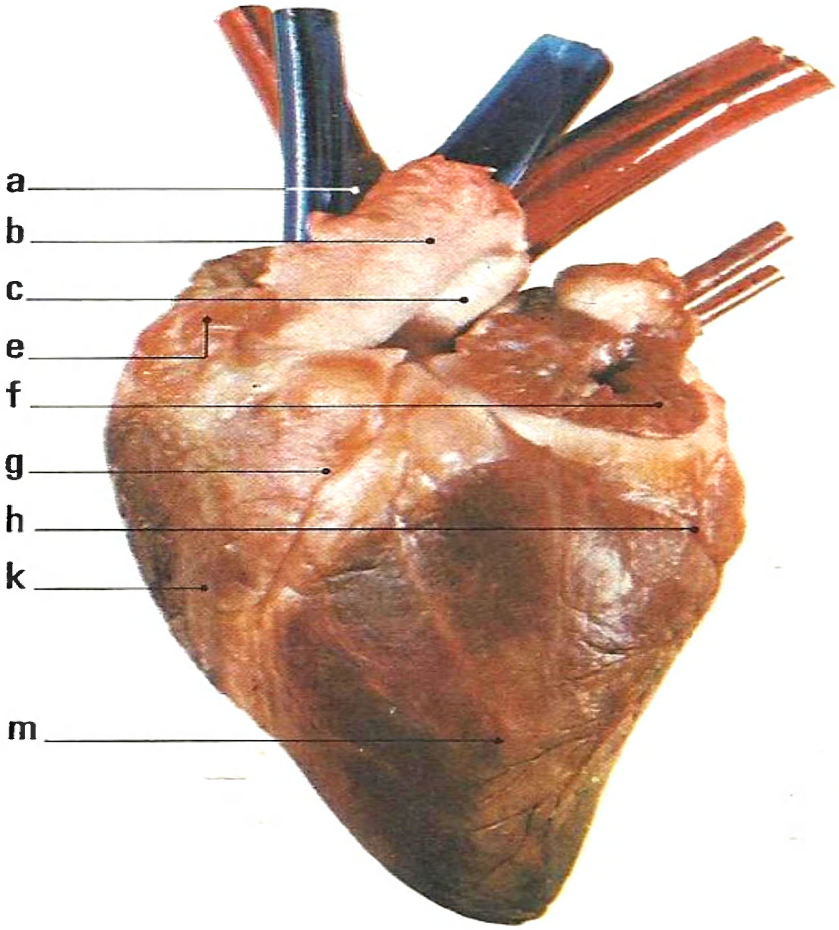
2 Dans le sillon interventriculaire **g**, suivez l'une des artères coronaires ; l'autre **h** est visible à droite.

3 A la partie supérieure du cœur, sachez distinguer :

- les oreillettes **e** et **f** ;
- l'artère pulmonaire **b** et l'aorte **c**. Sur le côté de l'aorte, observez le départ de l'aorte antérieure **a**.

4 Enfoncez une sonde dans l'artère pulmonaire : quelle paroi repousse-t-elle ? Faites de même pour l'aorte : que constatez-vous.

Dessinez la face ventrale du cœur et annotez votre dessin.



observez sa face dorsale

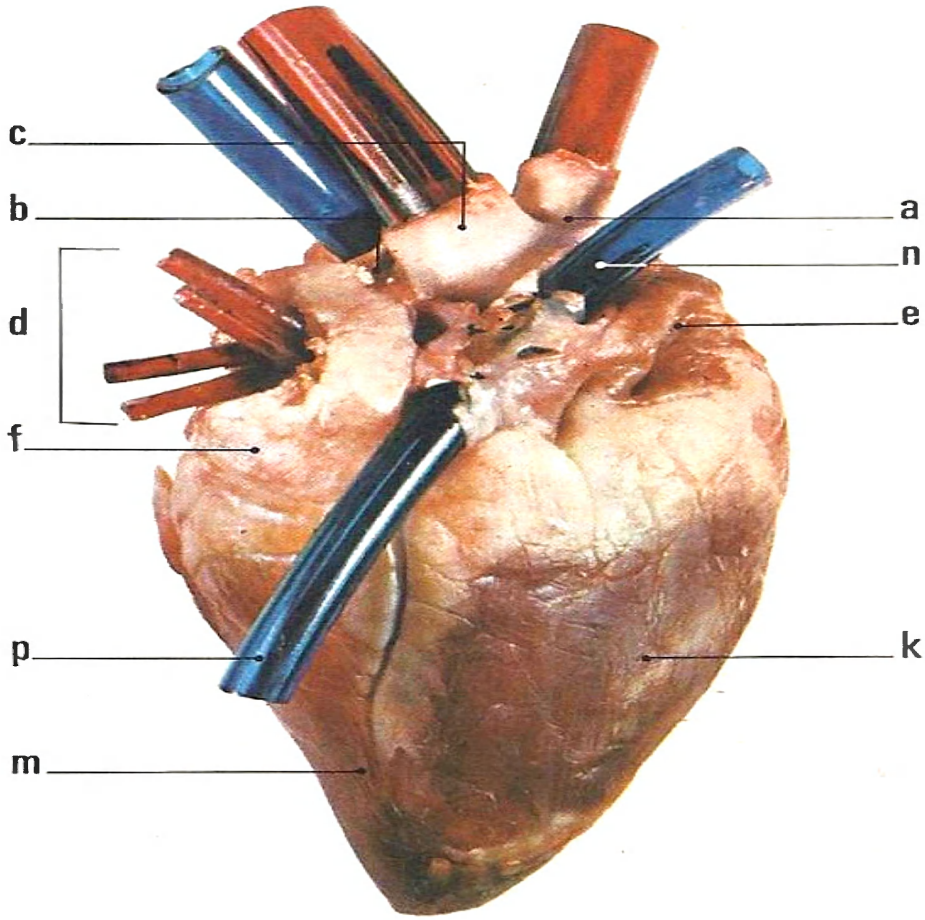
1 Nommez les parties du cœur **e** et **k** qui se trouvent à main droite.

2 Indiquez les noms des vaisseaux **a, b, c.**

3 Observez les veines :

- veine cave supérieure **n** et veine cave inférieure **p** ; où aboutissent-elles ?
- les 4 veines pulmonaires **d** ; elles sont souvent coupées à ras.

4 Comparez la paroi d'une artère à celle d'une veine ; concluez !



disséquez le cœur

Placez le cœur dans une cuvette à dissection, face ventrale en l'air, la pointe du cœur dirigée vers vous.

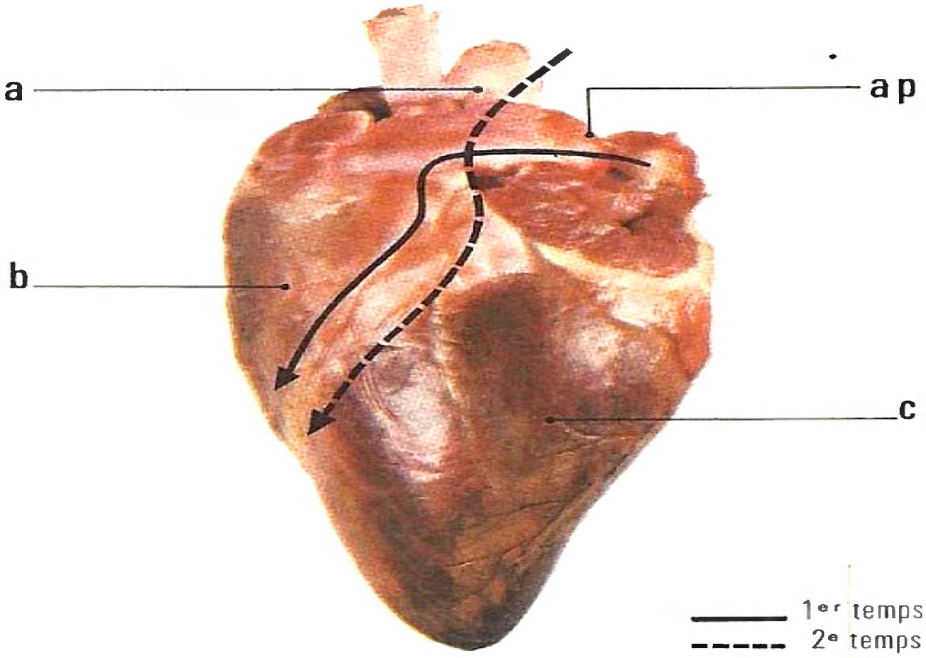
• 1er temps : introduisez une paire de ciseaux dans l'artère pulmonaire **ap** et incisez sa paroi ainsi que celle du ventricule droit **b** en suivant le trajet indiqué ci-contre.

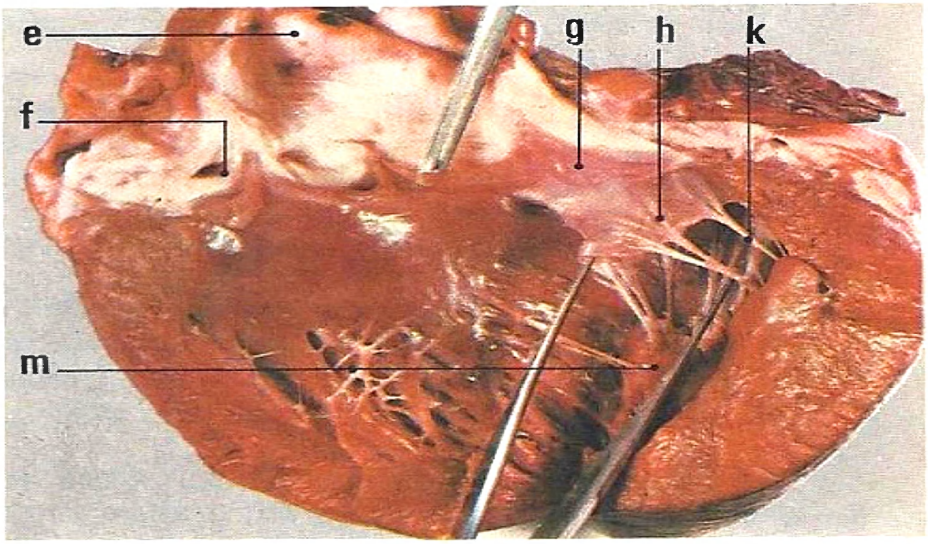
Écartez la paroi du ventricule et observez :
— l'intérieur du ventricule, les lames de la valvule cardiaque ;
— la valvule qui se trouve dans l'artère pulmonaire : que peut-elle empêcher ?

• 2e temps : introduisez la paire de ciseaux dans l'aorte **a** ; incisez sa paroi, puis celle du ventricule gauche **c** (voyez le croquis).

Observez :
— la paroi de l'aorte **e** et l'orifice de l'aorte antérieure ;
— la valvule de l'aorte **g** et, au-dessus, les deux orifices des artères coronaires **f** ;
— les deux lames de la valvule cardiaque **h**.

Observez et comparez :
— l'épaisseur des parois des ventricules ;
— les caillots trouvés dans les ventricules : que constatez-vous ?

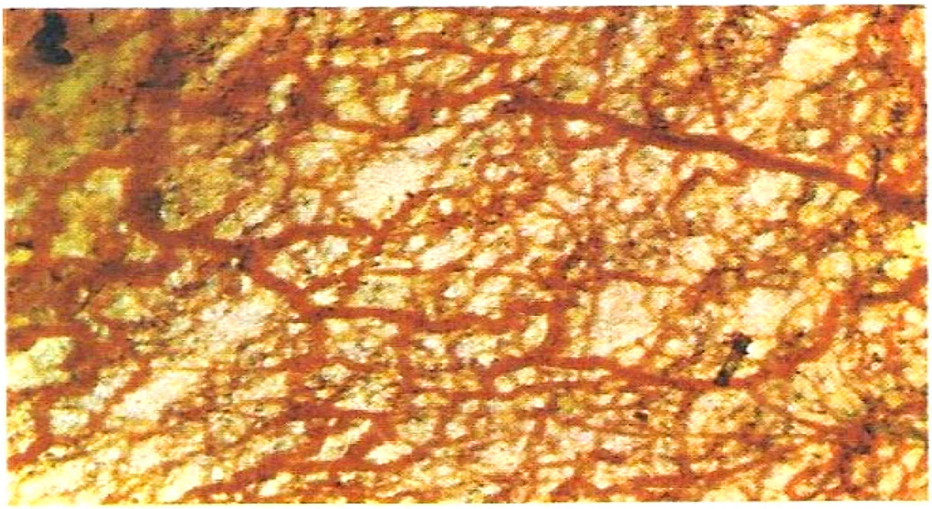




observez des capillaires

Sur une plaque de liège percée d'un trou, étalez la palmure d'une patte postérieure d'une grenouille qui a été anesthésiée.

Observez la palmure au microscope : que distinguez-vous dedans ?



Leçon

l'appareil circulatoire et la circulation

Le cœur : étude anatomique

L'observation et la dissection d'un cœur de mouton permettent d'étudier l'anatomie du cœur. Celui de l'homme a la même constitution; seules les ramifications de l'aorte ne sont pas pareilles.

observation externe

La face ventrale du cœur **1** est parcourue par un sillon dans lequel se trouve l'un des vaisseaux nourriciers du cœur appelés artères coronaires. Ce sillon sépare les deux ventricules (l'un droit, l'autre gauche). Au-dessus des ventricules, on voit deux oreillettes à parois plissées. A la partie supérieure du cœur, on distingue des conduits blancs dont la paroi reste béante comme celle d'un tuyau ; ce sont des artères : l'artère pulmonaire et l'aorte.

La face dorsale du cœur presente aussi des conduits, mais à paroi mince ; ce sont des veines ;
— 2 veines caves (veine cave supérieure et veine cave inférieure) rattachées à l'oreillette droite ;
— 4 veines pulmonaires, rattachées à l'oreillette gauche, mais souvent sectionnées au ras du cœur.

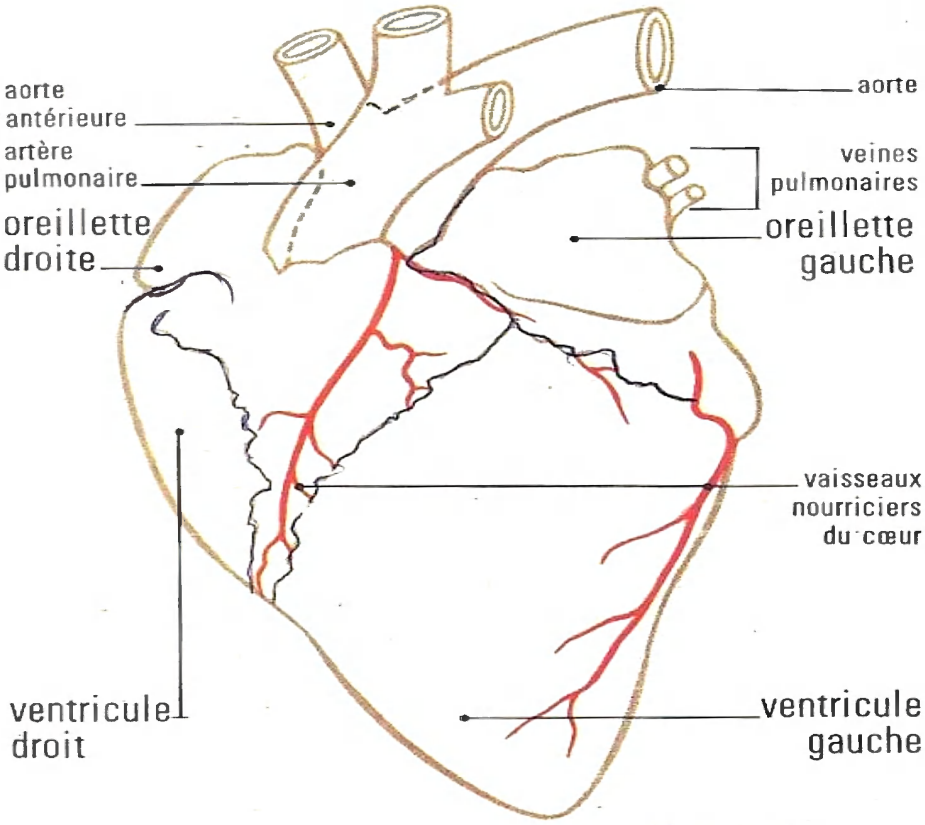
Les artères sont des conduits dont la section reste béante, car leur paroi est épaisse et élastique. Les veines sont des conduits dont la section s'affaisse, car leur paroi est moins épaisse que celle des artères et elle n'est pas élastique.

ce que montre la dissection

1 Le cœur est formé de deux parties ne communiquant pas entre elles; on les nomme cœur droit et cœur gauche. Si l'on compare la couleur des caillots sanguins trouvés dans ces deux parties, on constate que le cœur gauche contient du sang rouge, tandis que le cœur droit contient du sang noir.

2 Chaque partie du cœur comprend elle-même deux cavités : une oreillette et un ventricule **2**. Chaque oreillette communique avec le ventricule, situé du même côté qu'elle, par une valve ne laissant passer le sang que dans un seul sens (lequel?). Cette valve, nommée valvule cardiaque, est formée de deux lames à gauche et de trois lames à droite. L'extrémité de ces lames est maintenue par des fibres fixées sur des masses charnues, les piliers.

Chaque oreillette communique avec le ventricule, situé du même côté qu'elle, par une valvule cardiaque ne laissant passer le sang que de l'oreillette vers le ventricule.



1 face ventrale d'un cœur de mouton

A quoi reconnaissez-vous qu'il s'agit de la face ventrale ?

Par quoi est occupée la pointe du cœur ?

Comment appelle-t-on les vaisseaux nourriciers du cœur ?

Qu'est-ce qui caractérise la section d'une artère ? et d'une veine ?

Quand on introduit une sonde dans l'artère pulmonaire, quelle paroi déforme-t-elle ?

2 coupe en long schématique du cœur

Les ramifications de l'aorte vous montrent qu'il s'agit du cœur humain. Regardez page 107, **3** et indiquez le nom des vaisseaux qui « partent » de la crosse de l'aorte. Que contient la partie droite du cœur ? et sa partie gauche ? Quel est le rôle d'une valvule cardiaque ? et celui d'une valvule artérielle **m** ou **n** ?

Remarquez l'orifice **p** de l'une des deux artères coronaires. Lorsque l'une de ces artères est obstruée, il se produit une crise cardiaque que l'on nomme un infarctus. Peu à peu, la partie du muscle cardiaque non irriguée se détruit.

sang rouge
sang noir

cette partie a été découpée

Les vaisseaux sanguins

les vaisseaux rattachés au cœur

Les artères « partent » des ventricules **3** : l'aorte part du ventricule gauche, l'artère pulmonaire part du ventricule droit. Ces vaisseaux sont munis, vers leur origine, de trois petits goussets permettant au sang de s'échapper du cœur mais s'opposant au reflux du sang vers le cœur ; c'est ce qu'on appelle des valvules artérielles **2**.
Les veines « arrivent » dans les oreillettes **4** : les deux veines caves dans l'oreillette droite, les quatre veines pulmonaires dans l'oreillette gauche. D'où la définition d'une artère et celle d'une veine.

Une artère est un vaisseau dans lequel le sang va du cœur à un organe. Une veine est celui qui ramène le sang au cœur.

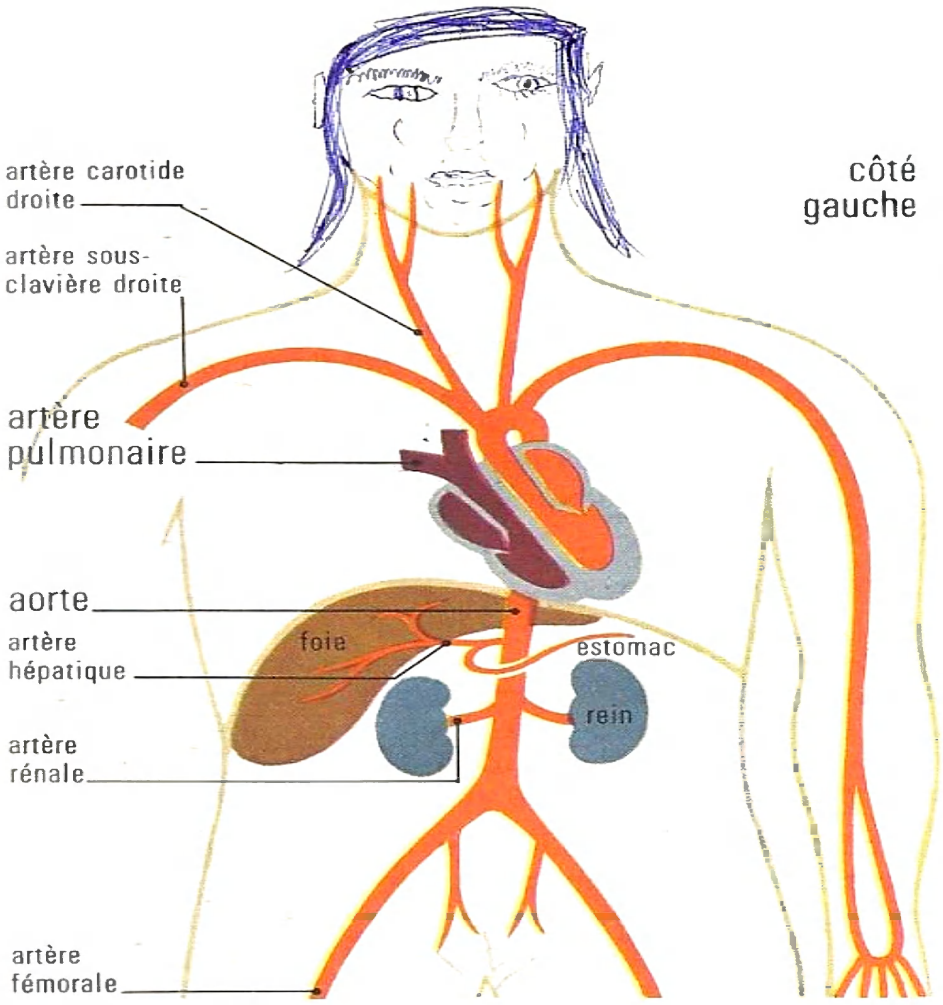
les principales artères

L'aorte, qui part du ventricule gauche, se courbe en crosse et descend le long de la colonne vertébrale en donnant naissance à des artères qui portent du sang rouge aux viscères **3**, puis se bifurque pour irriguer chaque jambe. De la crosse de

les principales veines

les capillaires

cette partie a été découpée

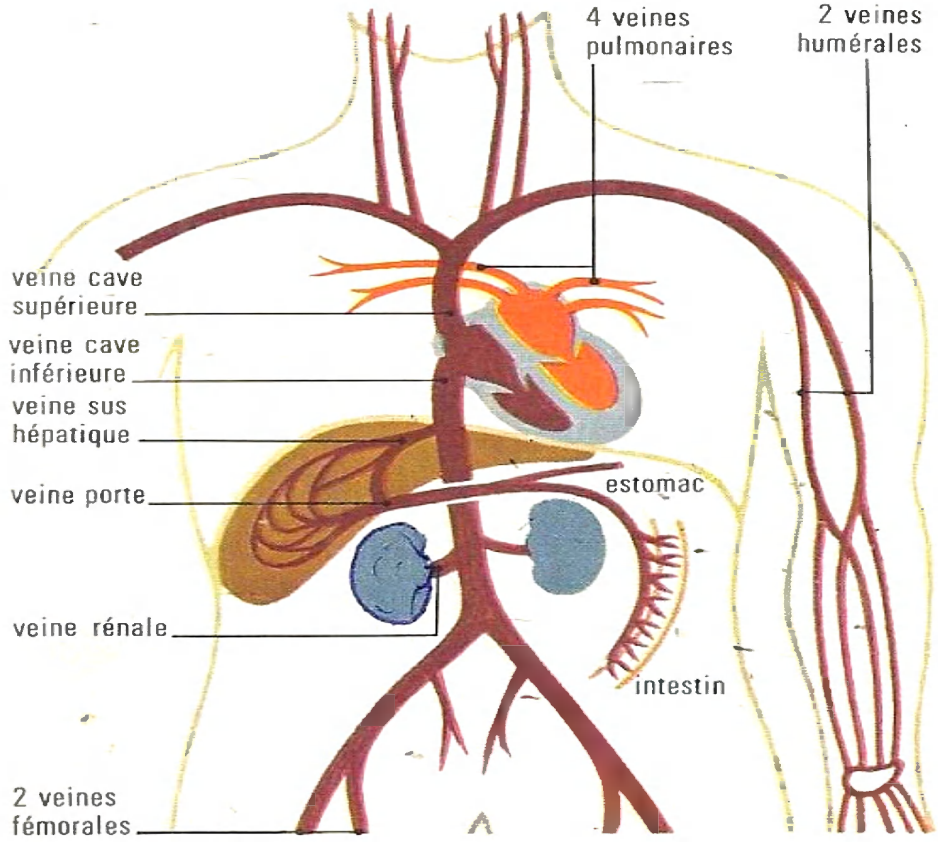


3 principales artères de l'homme

Quelle est celle qui contient du sang noir ? D'où « part-elle » ?

Remarquez que l'artère carotide droite et l'artère sous-clavière droite ont une partie commune ; c'est ce qu'on appelle le tronc brachiocéphalique.

Quelle est la partie de l'aorte dont on vous a montré une radiographie page 101 ?



4 principales veines de l'homme

Quelles sont celles qui contiennent du sang rouge ? D'où viennent-elles ? Où arrivent-elles dans le cœur ?

Remarquez qu'il y a souvent deux veines pour une artère. Citez des exemples.

En **3**, vous constatez que le foie reçoit du sang rouge amené par l'artère hépatique ; mais le foie reçoit aussi du sang noir apporté par la veine porte. Celle-ci amène environ 60 fois plus de sang que l'artère hépatique. D'où vient le sang que contient la veine porte ?

III Le fonctionnement du cœur

ce que montre l'observation directe

Sur une grenouille anesthésiée, on incise la paroi ventrale du tronc, puis on déchire le péricarde de façon à mettre à nu le cœur. On constate que le cœur de grenouille comporte deux oreillettes et un seul ventricule **5** A, et que le cœur se contracte rythmiquement. On observe successivement :
— la contraction des oreillettes dont la paroi pâlit ;
— la contraction du ventricule dont la paroi pâlit à son tour **5** B ;
— la dilatation du cœur qui se remplit et reprend sa teinte rougeâtre : c'est le repos du cœur **5** C. Et ainsi de suite ; on dit que le cœur bat ; il bat 40 fois par minute chez la grenouille. Le nombre de battements par minute est le rythme du cœur.
Chez l'homme, l'observation radioscopique du cœur permet de constater qu'un battement cardiaque comporte aussi les trois mêmes phases.

Un battement cardiaque humain comporte trois phases :
- **d'abord la contraction simultanée des deux oreillettes ;**
- **puis la contraction simultanée des deux ventricules ;**
- **enfin, la dilatation de l'organe : c'est le repos du cœur.**

ce qu'on conclut de l'auscultation

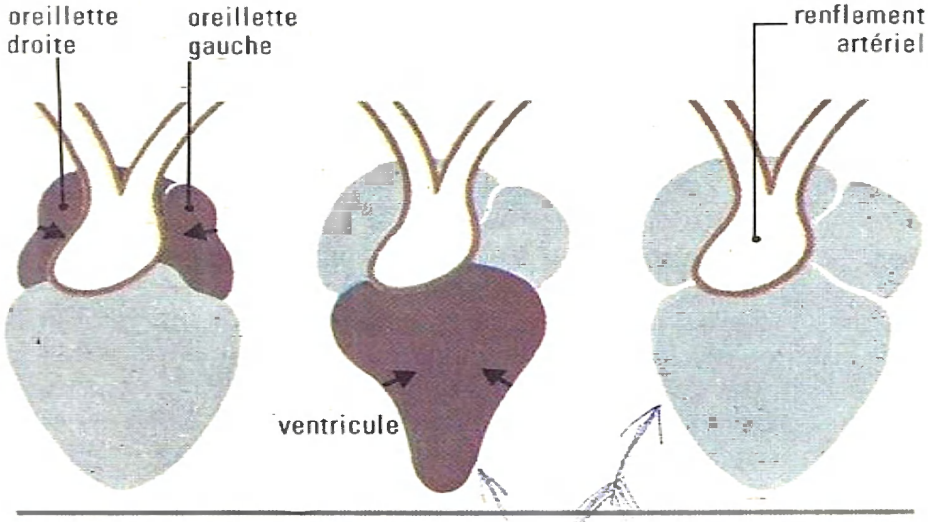
A l'aide d'un stéthoscope, sorte de capsule appliquée sur la poitrine au niveau du cœur, le médecin écoute les bruits du cœur :
— le 1er bruit, long et sourd, correspond à la fermeture des valvules cardiaques ;
— le 2e bruit, bref et sec, est produit par le claquement des valvules artérielles.
Le rythme cardiaque humain est 70 en moyenne.

Les bruits du cœur renseignent le médecin sur le fonctionnement des valvules cardiaques et des valvules artérielles.

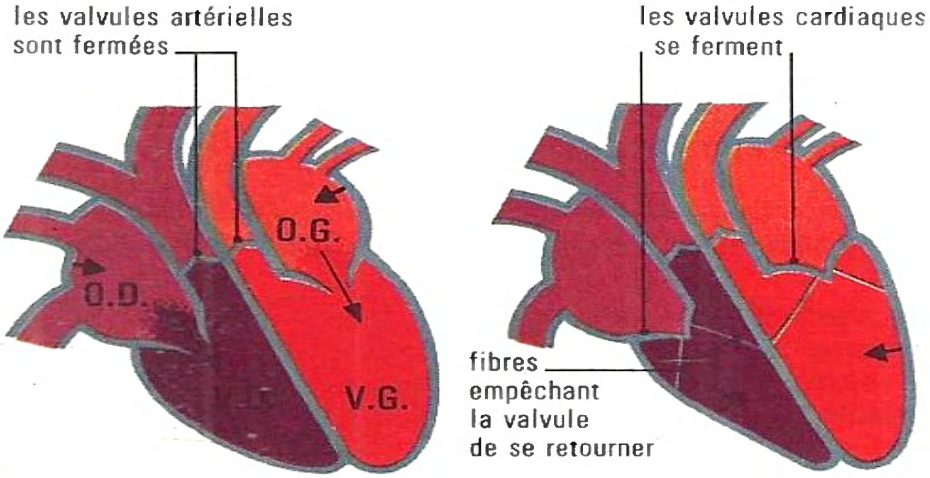
le rôle du cœur

Quand les deux oreillettes se contractent **6** A :
— le sang rouge contenu dans l'oreillette gauche passe dans le ventricule gauche ;
— le sang noir, qui remplit l'oreillette droite, est chassé dans le ventricule droit.
C'est alors que les deux ventricules se contractent à leur tour; le sang, qui ne peut pas refluer vers les oreillettes du fait de la fermeture des valvules cardiaques **6** B, est refoulé dans les artères : l'aorte et l'artère pulmonaire **6** C. Là, il y rencontre du sang et tend à revenir en arrière : la fermeture des valvules artérielles l'en empêche **6** D.

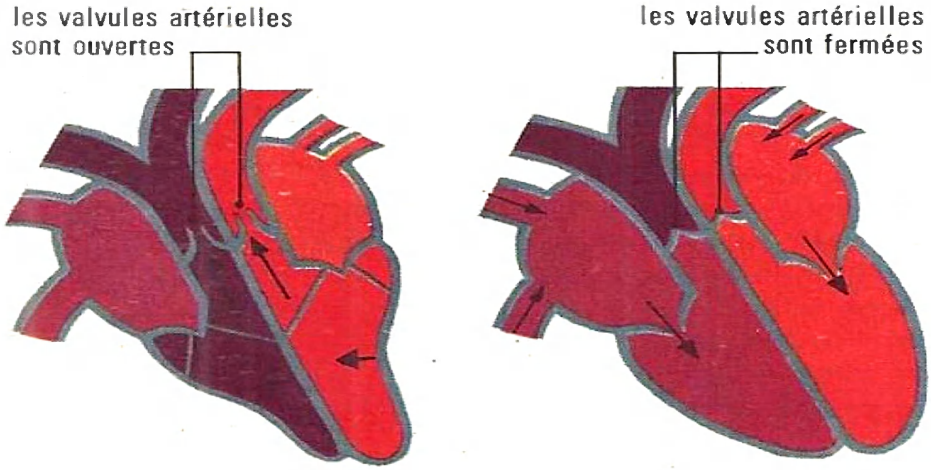
Le cœur est l'organe moteur de la circulation : la contraction des oreillettes chasse le sang dans les ventricules, puis la contraction des ventricules refoule le sang dans les artères.



A contraction des oreillettes — B contraction du ventricule — C repos du cœur



A B



C D

5 un battement du cœur de grenouille

Que faut-il faire pour observer les battements du cœur de la grenouille ? Combien de fois bat-il par minute ? Alors, pourquoi choisit-on la grenouille plutôt que la souris ? Le cœur est vu du côté ventral. Combien possède-t-il de cavités ? Quelles sont les phases d'un battement ?

6 comment fonctionne le cœur humain

A Contraction des deux oreillettes : où passe le sang qu'elles contiennent ? Quelle est la couleur du sang dans la partie droite du cœur ? et dans sa partie gauche ?

B Début de la contraction des ventricules : pourquoi le sang ne peut-il pas retourner dans les oreillettes ? Passe-t-il dans les artères ? pourquoi ?

C Contraction des ventricules : le sang est chassé dans les artères, car la pression du sang a fait ouvrir les valvules artérielles.

D Repos général du cœur : le sang s'accumule dans les oreillettes qui se distendent.

IV La circulation du sang dans les vaisseaux

la circulation artérielle

Quand une artère est sectionnée accidentellement, il en sort un jet de sang **7** A ; cela prouve que le sang est sous pression dans l'artère. Ce jet est saccadé de même que les battements du cœur.

C'est pour mesurer la pression du sang dans une artère du bras que le médecin utilise un appareil spécial ; après avoir effectué la lecture, il dit que la pression ou tension est, par exemple, 14 et 8 :
— 14 cm de mercure est la pression du sang dans l'artère quand le ventricule gauche se contracte ;
— 8 cm de mercure est la pression du sang dans la même artère quand le cœur est au repos.

Dans les artères, le sang est refoulé sous pression ; c'est pourquoi, d'une artère sectionnée, il sort un jet de sang.

la circulation dans les capillaires

Elle se fait aussi sous pression ; mais celle-ci est faible, de sorte que la circulation y est très lente. Cette lenteur de la circulation et la minceur des parois des capillaires sont favorables aux échanges de gaz, d'aliments et de déchets avec les cellules.

La lenteur de la circulation dans les capillaires et la minceur de leur paroi sont favorables aux échanges cellulaires.

la circulation veineuse

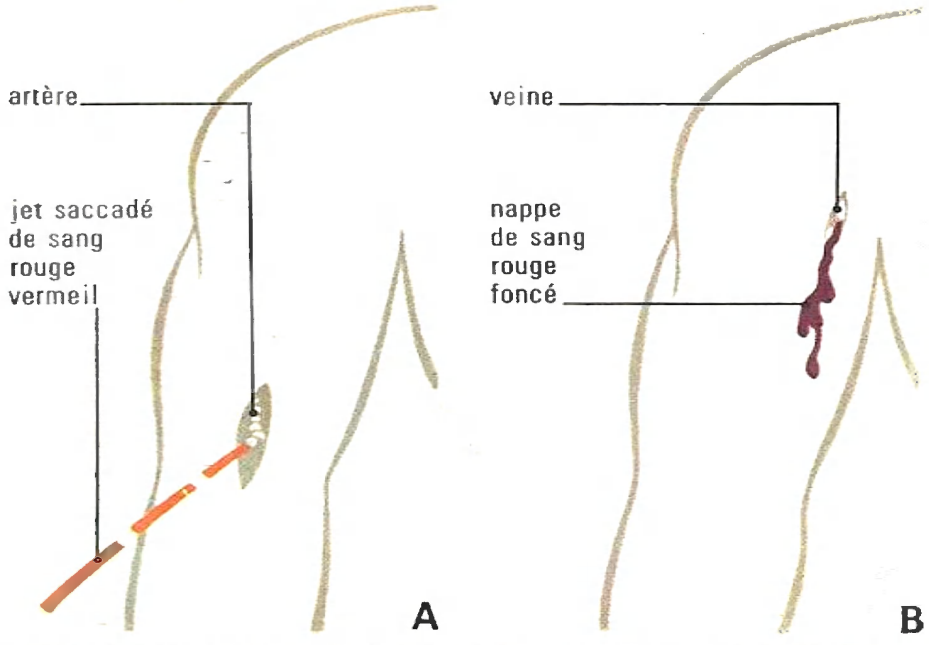
Les veines sont des conduits passifs qui ramènent le sang au cœur. Dans ces conduits, la pression du sang est très faible. C'est la contraction des muscles voisins qui facilite la progression du sang.

Les veines, conduits passifs, ramènent le sang au cœur.

la petite et la grande circulation

Quand une goutte de sang (sang rouge) part du ventricule gauche, elle est refoulée dans l'aorte et arrive dans un capillaire qui traverse un organe **8**. Là, le sang devient rouge foncé : c'est alors du sang noir qu'une veine transporte à l'oreillette droite. A ce trajet du sang on a donné le nom de grande circulation ou de circulation générale. Après être passée de l'oreillette droite dans le ventricule droit, la goutte de sang (sang noir) est refoulée dans l'artère pulmonaire qui la mène dans un capillaire des poumons. Là, le sang devient rouge clair (sang rouge), puis il revient au cœur par l'une des quatre veines pulmonaires. A ce trajet, plus court que le précédent, on a donné le nom de petite circulation ou de circulation pulmonaire.

Pour revenir à son point de départ (cœur gauche), une goutte de sang ne met, en tout, que 30 secondes !

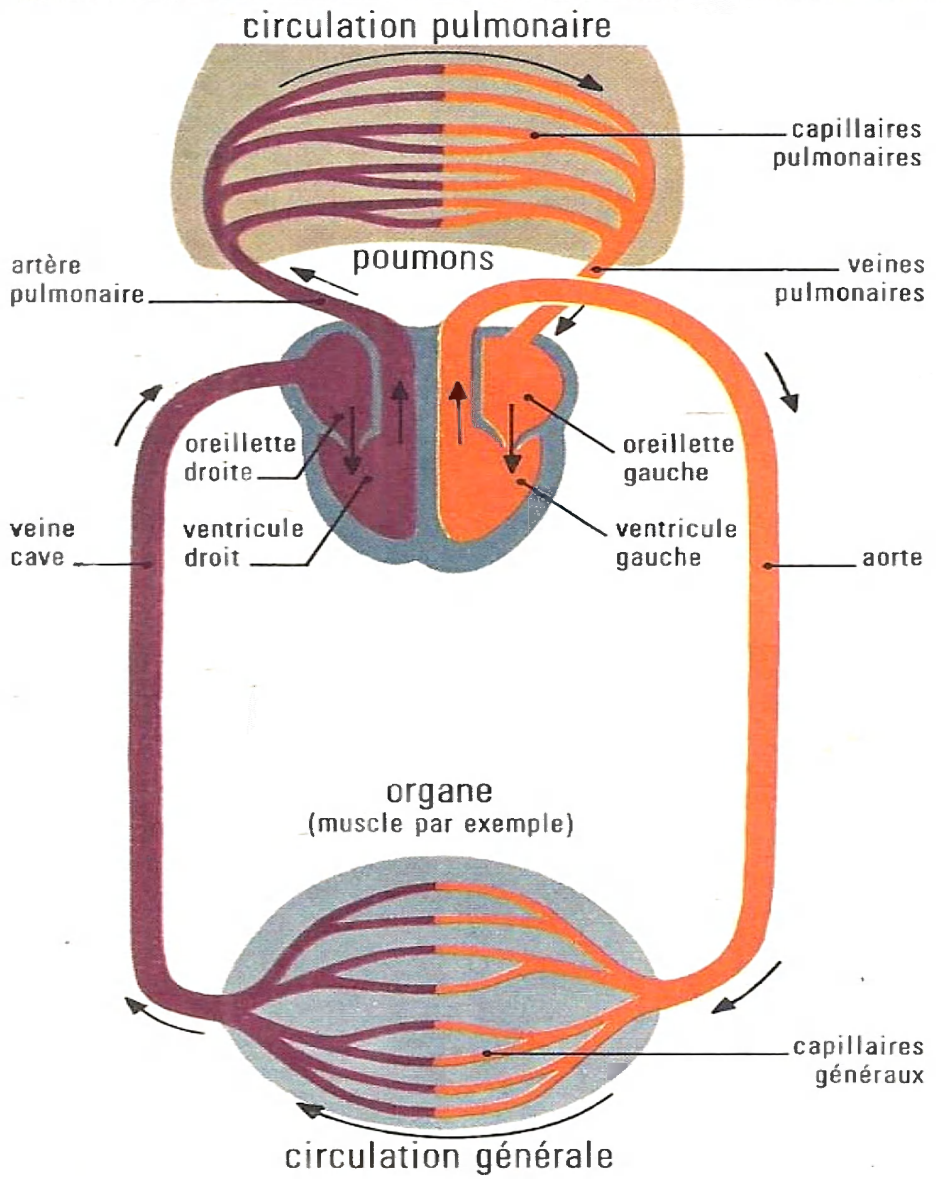


7 deux sortes d'hémorragies

Les hémorragies sont des pertes de sang provoquées par la rupture d'un ou de plusieurs vaisseaux sanguins.

A Hémorragie artérielle : on la reconnaît au jet de sang rouge vermeil et saccadé. Savez-vous pourquoi le jet est saccadé ?

B Hémorragie veineuse : une nappe de sang rouge foncé s'étale sur la peau.



8 schéma de la petite et grande circulation

Une goutte de sang part du ventricule gauche : quel trajet suit-elle avant de repasser dans ce même ventricule ? Alors, dans quels vaisseaux circule le sang pour atteindre un muscle de la jambe, par exemple ? et pour revenir au cœur ?

Pourquoi donne-t-on le nom de grande circulation à ce trajet ?

Combien faut-il de secondes pour qu'une goutte de sang revienne à son point de départ ?

sang rouge
sang noir

11

le sang

Observations

faites deux préparations de sang

- Nettoyez le bout d'un doigt avec un tampon de coton imbibé d'alcool à 90°.
- Flambez une aiguille emmanchée et piquez le doigt à l'endroit nettoyé à l'alcool.
- Recueillez deux petites gouttes de sang :
— l'une au milieu d'une lame porte-objet et mettez aussitôt une lamelle couvre-objet ;
— l'autre à 1 cm du bout d'une lame et réalisez un frottis sanguin comme on vous le montre p. 117, **1**. Ce frottis peut être conservé à sec sans mettre de lamelle.

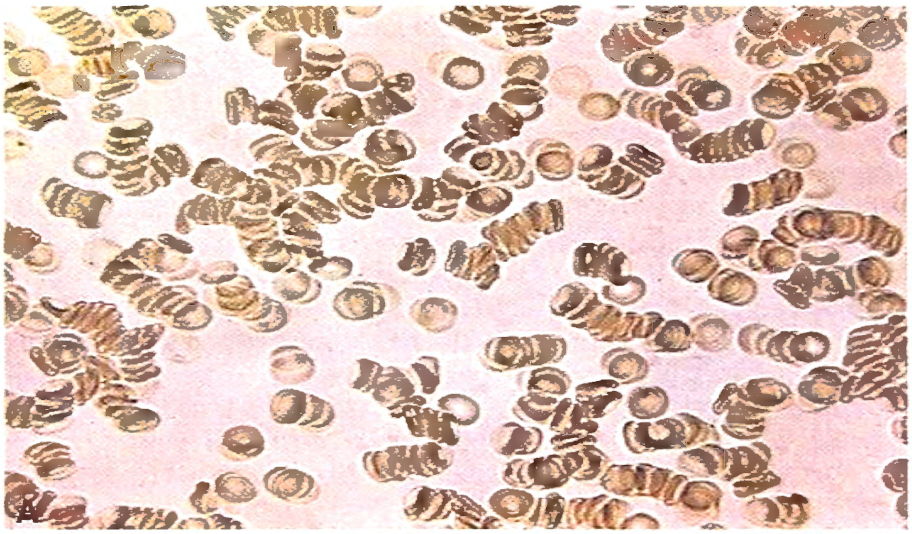
observez vos préparations

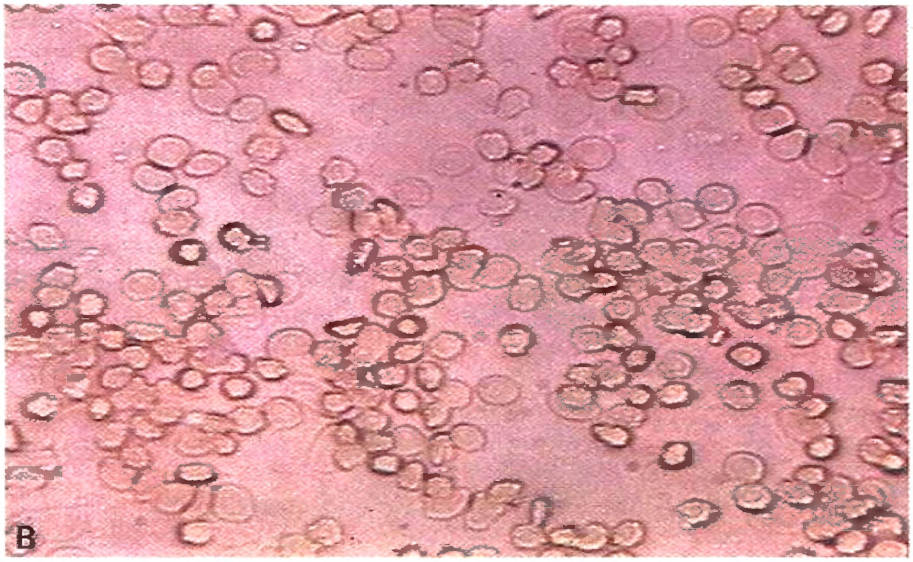
1 Sur la première A, sang observé à frais, que remarquez-vous ? qu'en concluez-vous ?
2 Sur le frottis non coloré B, que pouvez-vous distinguer ?

colorez un frottis

- Recouvrez-le d'alcool méthylique à 99° pendant une minute.
- Puis versez le colorant (par exemple, du May-Grünewald).
- Au bout de 15 mn, lavez la préparation en faisant couler de l'eau sur le dos de la lame, puis séchez-la en la posant sur du papier filtre. Ne mettez pas de lamelle.

Dessinez ce que vous voyez au microscope.

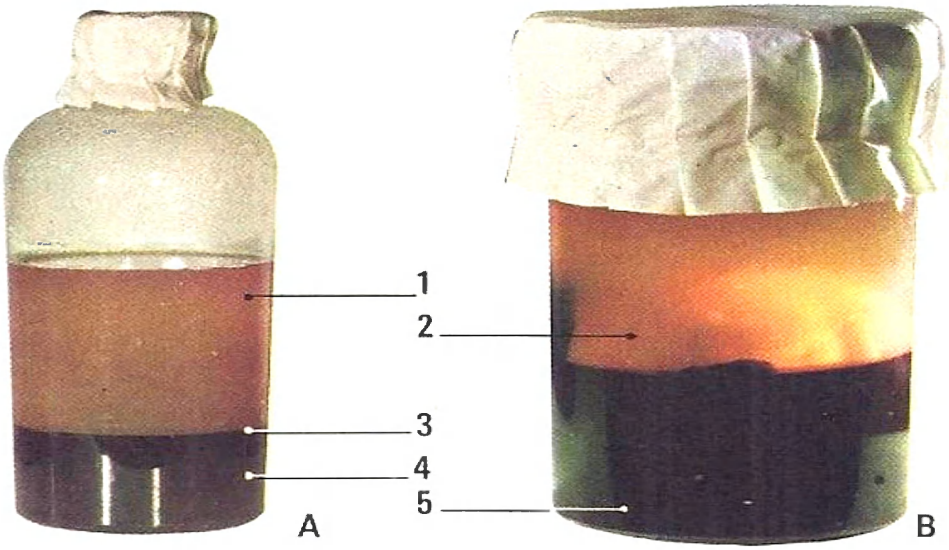




observez du sang de cheval

Le sang a été recueilli il y a 12 heures.

- Dans le vase A, on avait mis de l'oxalate d'ammonium avant de recueillir le sang; que distinguez-vous? Regardez p. 75, **1** D : que provoque l'oxalate d'ammonium? Alors, qu'en concluez-vous?
- Dans le vase B, on n'a rien ajouté au sang; que s'est-il produit? Dessinez les vases et annotez vos dessins.



faisons varier la couleur du sang

On peut utiliser du sang de porc fourni par un charcutier ; c'est du « sang battu » qui est incoagulable.

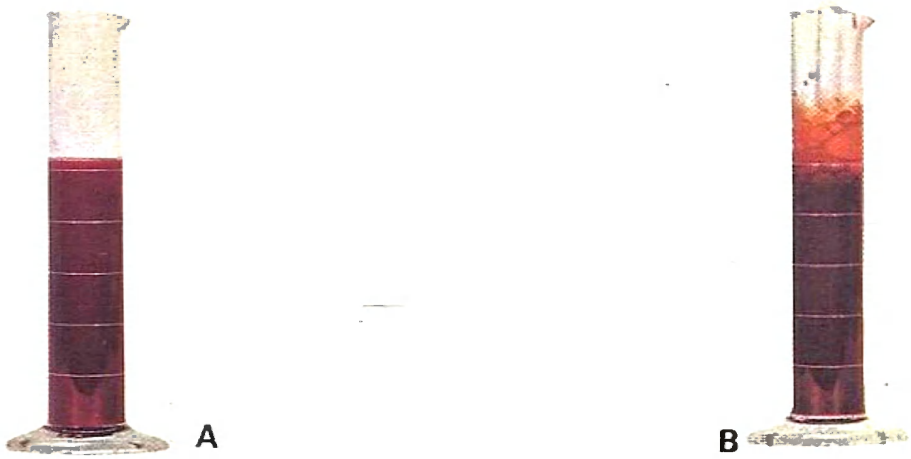
A Quelle est la couleur du sang en masse ?

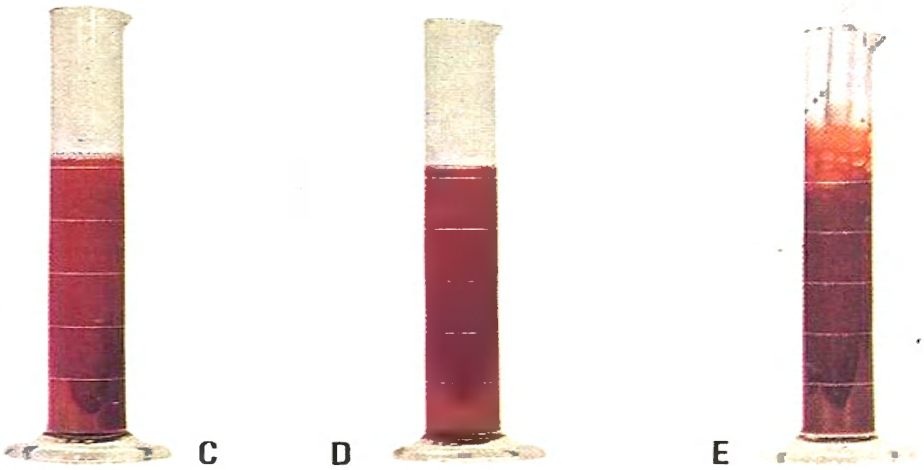
B Dans le « sang battu », faisons barboter de l'oxygène : que remarquez-vous? Concluez ! L'oxygène est obtenu en faisant tomber de l'eau, goutte à goutte, sur de l'oxylithe.

C La teinte du sang change-t-elle à l'air ?

D Versons dans le vase C une solution fraîche d'hydrosulfite de soude et agitons; que constatez-vous?

E Faisons barboter de l'oxygène dans le sang devenu noirâtre D : que remarquez-vous ? qu'en concluez-vous ? Regardez p. 111, **8** : savez-vous expliquer les changements de teinte de notre sang au niveau des organes et dans les poumons ?





la transfusion sanguine

Si l'on effectue une collecte de sang dans votre région ou s'il existe un Centre de Transfusion sanguine, documentez-vous sur place.

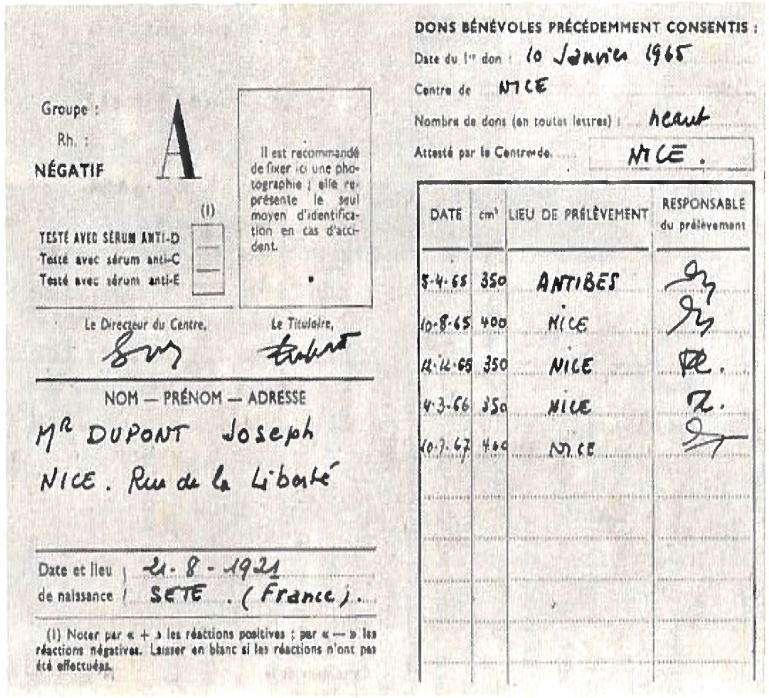
le don du sang

1 Renseignez-vous pour savoir qui peut donner son sang (conditions physiques, limite d'âge...), pourquoi il n'y a aucun inconvénient pour l'organisme à participer au don du sang.

2 Notez les conditions dans lesquelles s'effectue la ponction veineuse pour un prélèvement. En plus du gros flacon contenant un anticoagulant, distinguez le petit flacon dont le sang servira à divers contrôles.

3 Examinez un flacon de sang : notez tout ce que vous lisez sur son étiquette.

4 Si vous connaissez un donneur, demandez à consulter sa carte : quelle est la fréquence des prélèvements ? Quel est le volume du sang donné chaque fois ?



Groupe : A
Rh. :
NÉGATIF

TESTÉ AVEC SÉRUM ANTI-D (1)
Testé avec sérum anti-C
Testé avec sérum anti-E

Il est recommandé de fixer ici une photographie ; elle représente le seul moyen d'identification en cas d'accident.

Le Directeur du Centre, Le Titulaire,

NOM — PRÉNOM — ADRESSE
Mr DUPONT Joseph
NICE. Rue de la Liberté

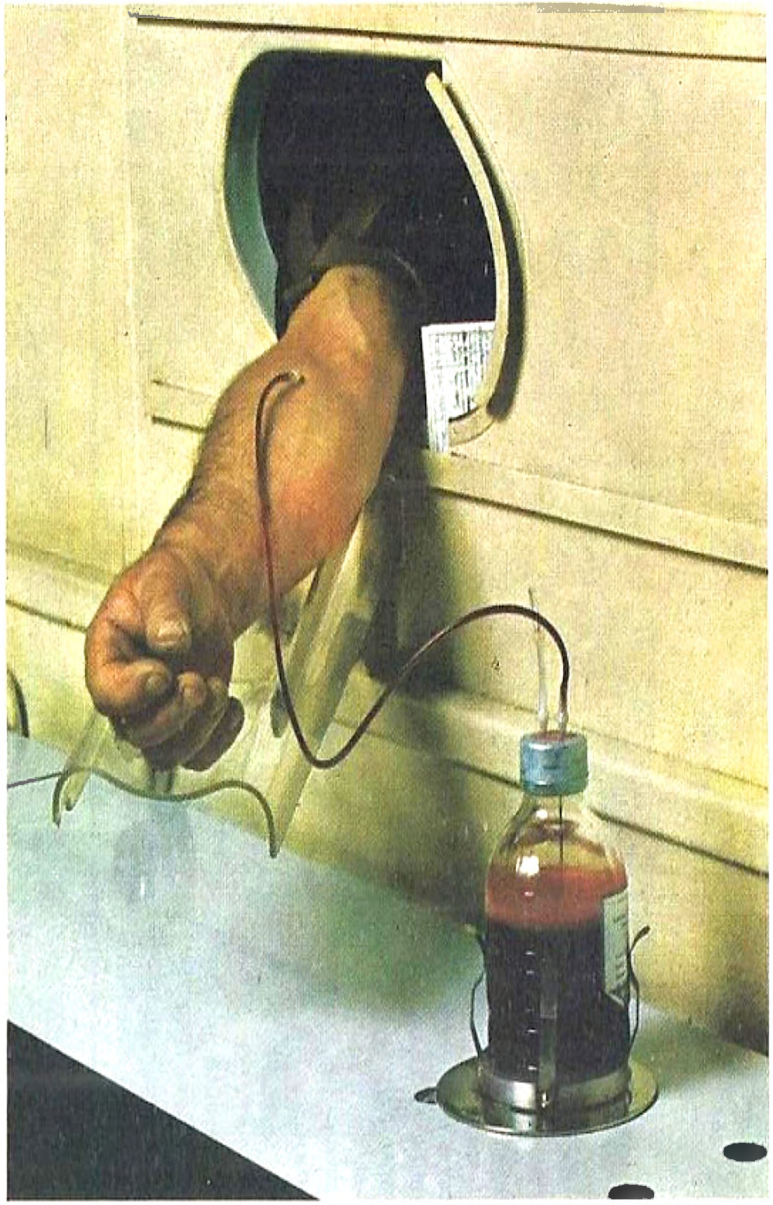
Date et lieu de naissance : 21-8-1921 SETE. (France).

(1) Noter par « + » les réactions positives ; par « — » les réactions négatives. Laisser en blanc si les réactions n'ont pas été effectuées.

DONS BÉNÉVOLES PRÉCÉDEMMENT CONSENTIS :
Date du 1er don : 10 Janvier 1965
Centre de : NICE
Nombre de dons (en toutes lettres) : neuf
Attesté par le Centre de : NICE.

DATE	cm³	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	RESPONSABLE du prélèvement
5-4-65	350	ANTIBES	
10-8-65	400	NICE	
12-12-65	350	NICE	
4-3-66	350	NICE	
10-7-67	400	NICE	

une carte de donneur



un prélèvement sanguin

les groupes sanguins

• Le sang des êtres humains peut être classé en quatre groupes : indiquez-les. Tenant compte d'un autre élément (facteur Rhésus), on distingue huit groupes principaux : nommez-les.

• Examinez une lame montrant le phénomène d'agglutination, donc d'incompatibilité entre les deux sangs.

• De quel groupe est le donneur dont vous avez examiné la carte ? Ce donneur fait-il partie d'un groupe rare ?

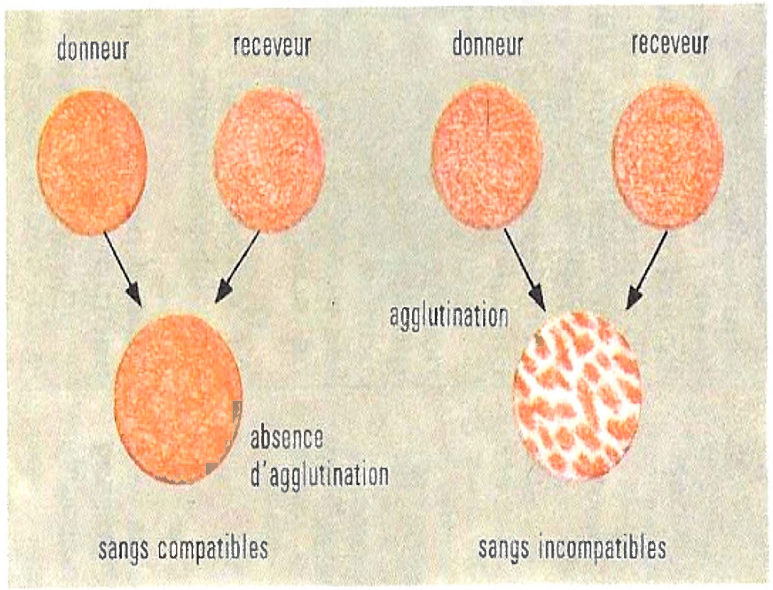
l'emploi du sang

• Documentez-vous sur la conservation du sang : son conditionnement, sa température, sa durée d'utilisation ; que déduire de celle-ci ?

• Dans le Centre que vous visitez, existe-t-il une centrifugeuse pour la séparation du plasma ? Y prépare-t-on du plasma sec ? Y procède-t-on à la fragmentation du plasma ? Quels dérivés du sang y prépare-t-on ?

principales catégories de sang humain

agglutinogènes globulaires	agglutinogènes plasmatiques	facteur Rhésus	groupes sanguins	fréquence en France
A	anti B	Rh + Rh –	A + A –	39 % 6 %
B	anti A	Rh + Rh –	B + B –	7 % 1 %
AB		Rh + Rh –	AB + AB –	3,5 % 0,5 %
O	anti A anti B	Rh + Rh –	O + O –	37 % 6 %



contrôle de compatibilité

une transfusion sanguine

Comment on établit sa composition

en observant une goutte de sang

Au microscope, dans une goutte de sang, on distingue un liquide clair, le plasma, dans lequel se trouvent des cellules appelées globules sanguins. Ceux-ci sont si nombreux qu'il est difficile de les observer; c'est pourquoi on les étudie sur un frottis.

Le sang est formé d'un liquide clair, le plasma, tenant en suspension une multitude de cellules appelées globules.

en observant un frottis sanguin

On réalise un frottis sanguin **1** que l'on peut observer au microscope sans mettre de lamelle ; mais il est préférable de le colorer avant de l'observer. Pour colorer un frottis sanguin, on verse quelques gouttes d'alcool méthylique très fort (à 99°), on laisse 1 mn, puis on verse le colorant (c'est une solution qui contient de l'éosine et du bleu de méthylène) ; on laisse le colorant agir 15 mn et on sèche la préparation en la posant sur du papier filtre. Au microscope, sur un frottis coloré, on distingue :
— de nombreux éléments circulaires, biconcaves, colorés en rose par l'éosine **2** A : ce sont des globules rouges ; ils sont dépourvus de noyau puisque le bleu de méthylène n'a rien coloré ;
— quelques éléments de forme plus irrégulière à noyau coloré par le bleu de méthylène : ce sont des globules blancs. Selon la forme du noyau, on distingue les globules blancs à noyau arrondi **2** B-C et les globules blancs à « noyau en chapelet » **2** D. On ne compte qu'un globule blanc pour 700 rouges.

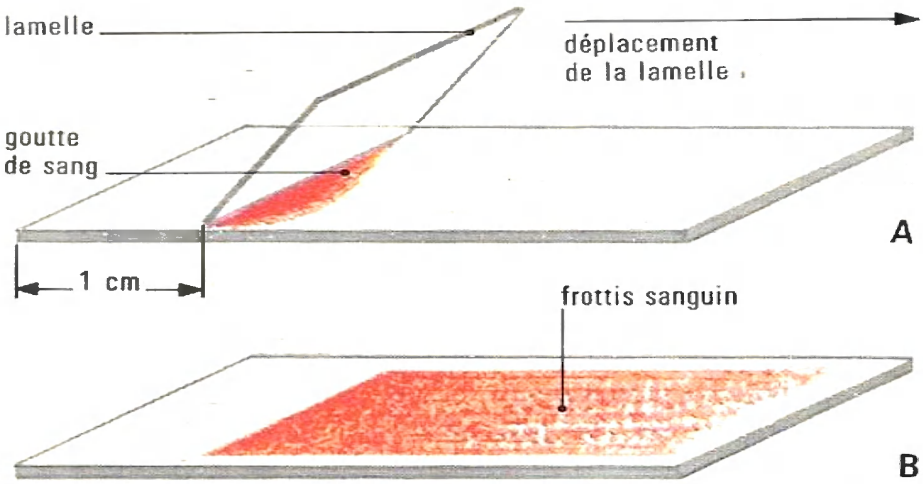
Au microscope, sur un frottis sanguin coloré, on distingue des globules rouges et diverses sortes de globules blancs.

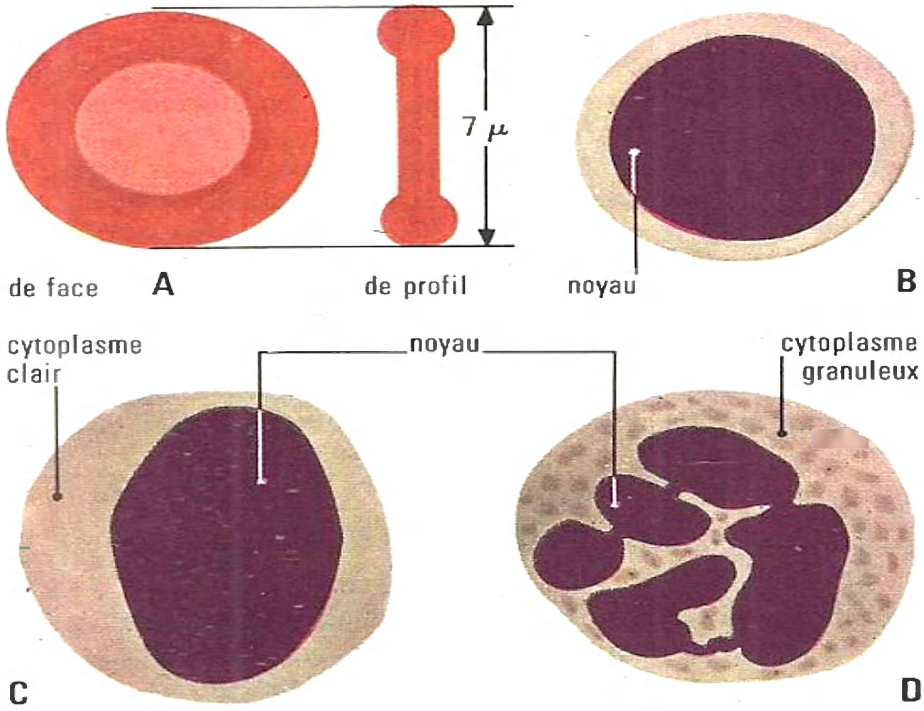
en observant du sang non coagulé

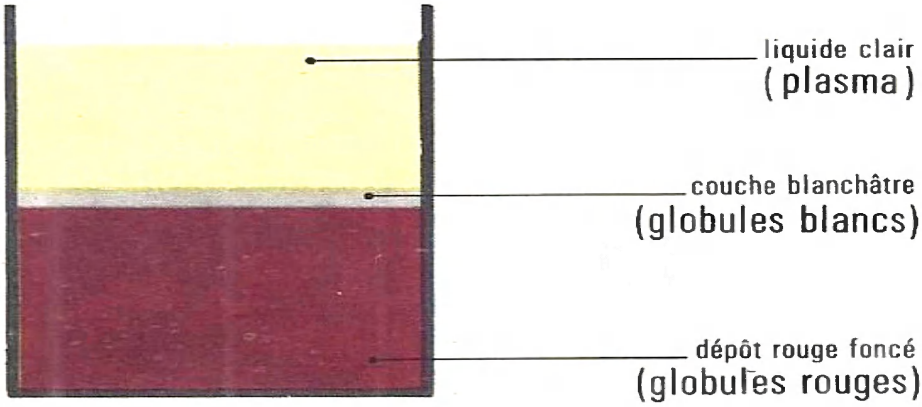
Quand on abandonne au repos du sang de cheval additionné d'oxalate d'ammonium **3**, on voit :
— un liquide clair qui surnage : c'est le plasma ;
— un dépôt rouge foncé ; il est constitué d'un amas de globules rouges qui se sont déposés, sédimentés, parce qu'ils sont plus denses que le plasma ;
— sur le dépôt, une couche blanchâtre ; au microscope, on voit qu'elle est formée de globules blancs.

A l'aide d'une centrifugeuse, la séparation des éléments du sang est rapide et on constate que :

Le sang contient environ 55 % de plasma et 45 % de globules.







1 comment on réalise un frottis sanguin

Où dépose-t-on la goutte de sang ?

On applique le côté d'une lamelle contre la goutte de sang et on attend que le sang ait diffusé le long de l'arête : puis, d'un seul coup, on tire la lamelle pour étaler le sang. On agite la lame pour sécher le frottis.

2 les diverses sortes de globules

A Globules rouges : le micron (μ) vaut un millième de mm.

B Petit globule blanc (6 à 8μ), à gros noyau, appelé lymphocyte parce que abondant dans la lymphe. Quel est le colorant qui teinte le noyau ? le cytoplasme ?

C Grand globule blanc (15 à 25 μ), à noyau ovale. Comment est le cytoplasme ?

D Globule blanc (10 à 12 μ), à « noyau en chapelet », appelé aussi polynucléaire car on a cru qu'il possédait plusieurs noyaux.

3 sang de cheval rendu incoagulable

Que doit-on ajouter au sang pour le rendre ainsi incoagulable ? Avec une pipette si vous préleviez une goutte au fond du vase et que vous l'observiez au microscope, que constateriez-vous ? Et si votre prélèvement était fait dans la couche blanchâtre ?

II Coagulation du sang

observations

Si l'on recueille du sang de cheval dans un vase, sans rien ajouter au sang, le sang prend rapidement l'aspect d'une gelée ; on dit que le sang se coagule. Quelques heures après, on distingue **4** :
— au fond du vase, une masse sombre, le caillot ;
— au-dessus, un liquide jaunâtre, appelé sérum.
Le charcutier « bat le sang » de porc avec des brindilles, afin d'éviter sa coagulation. Les brindilles se couvrent de filaments blancs : c'est de la fibrine. Si l'on verse de l'acide nitrique puis de l'ammoniaque sur la fibrine, elle prend une coloration orangée ; ce qui prouve que la fibrine est un protide.

Dans du sang coagulé, on distingue le caillot et le sérum.

explication

La fibrine n'existe pas dans le sang frais ; elle provient de la transformation d'un protide du sang, le fibrinogène, dissous dans le plasma.
Certaines substances (oxalate d'ammonium, citrate de soude...) empêchent la transformation du fibrinogène en fibrine : ce sont des substances anticoagulantes. D'autres substances, au contraire, facilitent la coagulation du sang au niveau d'une plaie : ce sont des substances coagulantes ; le médecin les emploie parfois pour enrayer une hémorragie.

La coagulation du sang est une défense contre l'hémorragie.

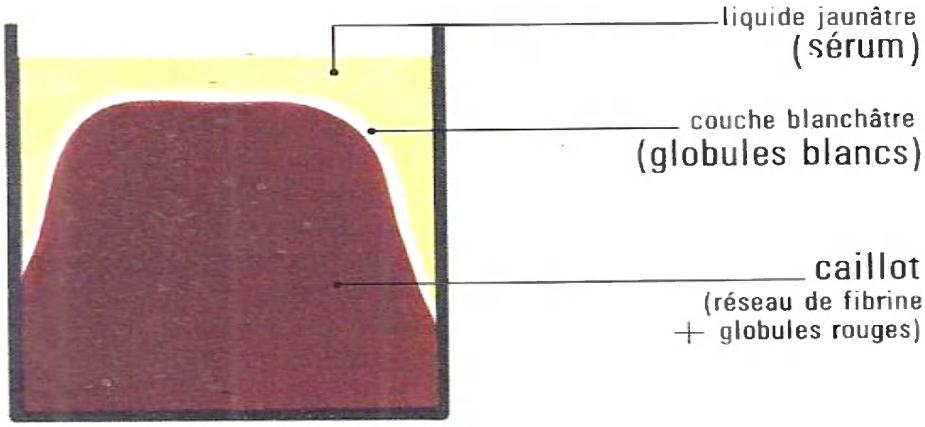
III Propriétés et rôle de ses constituants

les globules blancs

Leurs propriétés essentielles sont les suivantes :
— ce sont des cellules mobiles qui se déplacent, en rampant, par déformation du cytoplasme **5** A;
— ils peuvent traverser par effraction la paroi des capillaires **5** B et émigrer dans les tissus voisins ; c'est ainsi que des globules blancs du sang passent dans les vaisseaux lymphatiques **7** ;
— ils peuvent happer et englober d'autres cellules ou des microbes **5** C et les digérer : c'est la phagocytose (du grec phagein, manger, et kutos, cellule) ;
— les globules blancs sécrètent des substances neutralisant les poisons produits par les microbes.

Dans l'organisme, le rôle des globules blancs est double :
- **ils phagocytent les vieilles cellules et les microbes ;**
- **ils sécrètent des substances capables de neutraliser les poisons produits par les microbes.**

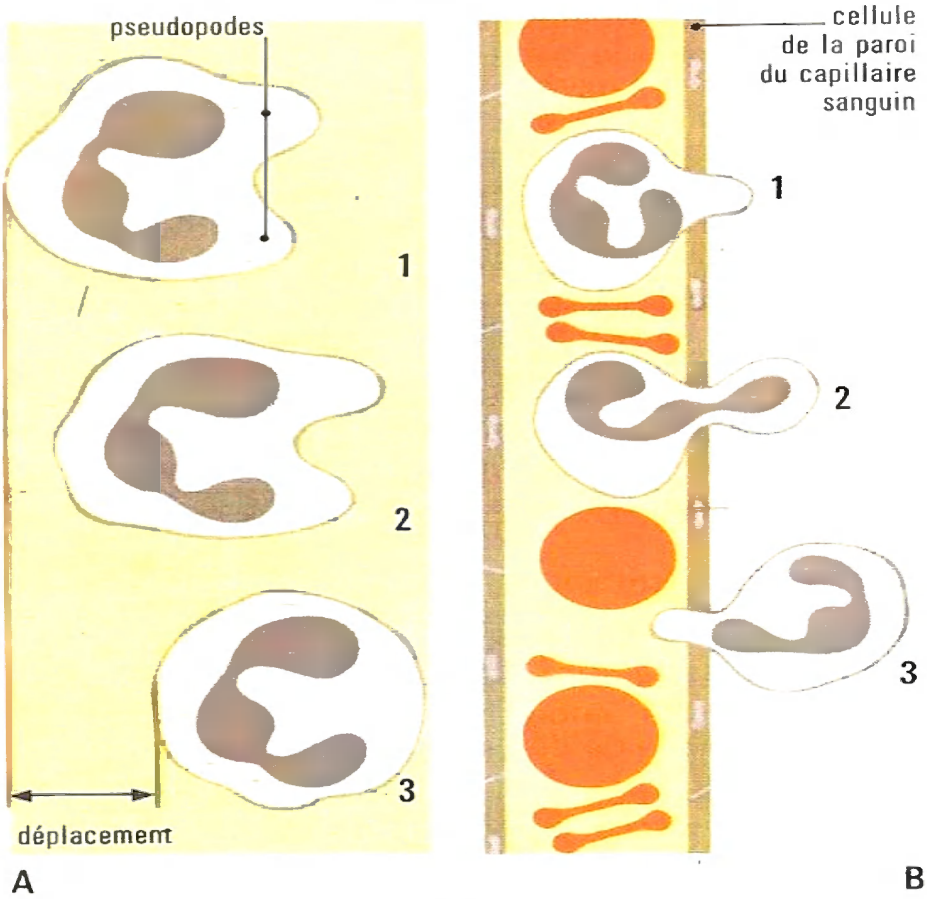
Ainsi ils assurent le nettoyage et la défense de l'organisme.



4 sang de cheval coagulé

Le liquide qui surnage est-il le même que lorsque le sang est rendu incoagulable ?

La fibrine existait-elle dans le sang au moment où on l'a recueilli dans un vase ? Alors, que s'est-il produit ?

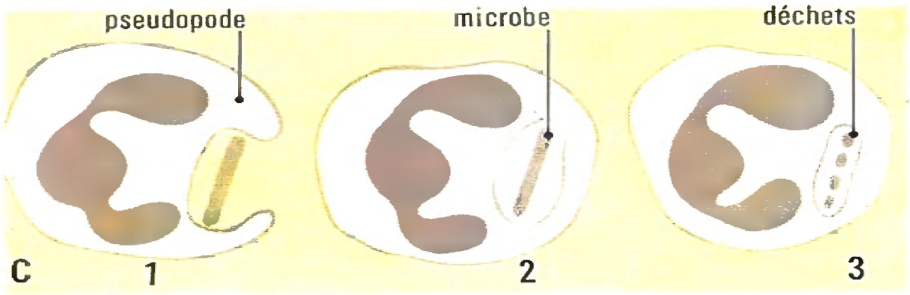


5 trois propriétés des globules blancs

La teinte jaune représente le plasma.

A Le déplacement d'un globule blanc : le cytoplasme émet des prolongements, appelés pseudopodes, puis tire à lui le reste du cytoplasme.

B Le passage par effraction à travers la paroi d'un capillaire sanguin : c'est en écartant les cellules qui constituent la paroi du capillaire que les globules sortent. Ils peuvent alors se répandre dans les tissus.



C La phagocytose : le globule blanc, avec ses pseudopodes, englobe un microbe 1 - 2, puis le digère 3. Cette propriété a été découverte, en 1882, par un savant russe, Metchnikoff, venu travailler aux côtés de Pasteur.

les globules rouges

Leur cytoplasme est imprégné d'une substance rouge, l'hémoglobine, dont les propriétés sont mises en évidence par les expériences suivantes :

1re expérience : dans du « sang battu », de couleur foncée **6** A, on fait barboter de l'oxygène : le sang devient rouge vermeil **6** B. Voici pourquoi : l'hémoglobine, rouge foncé, contenue dans les globules rouges, s'unit à l'oxygène pour donner une substance nouvelle, l'oxyhémoglobine, de couleur rouge vermeil; on dit que l'hémoglobine fixe l'oxygène : hémoglobine + oxygène → oxyhémoglobine.
C'est ce qui se produit dans nos poumons ; aussi le sang noir y devient du sang rouge (page 111, 8).

2e expérience : dans le « sang battu » devenu rouge vermeil, on verse quelques gouttes d'une substance avide d'oxygène : le sang devient rouge foncé **6** C. Voici pourquoi : l'oxyhémoglobine s'est décomposée en donnant de l'hémoglobine (rouge foncé) et en libérant de l'oxygène qui s'est uni à la substance ajoutée ; on peut donc écrire :
oxyhémoglobine → hémoglobine + oxygène.

C'est ce qui se produit dans nos organes, dont les cellules sont avides d'oxygène et jouent le même rôle que la substance ajoutée ; aussi, au niveau des organes, le sang y devient du sang noir (page 111, 8).

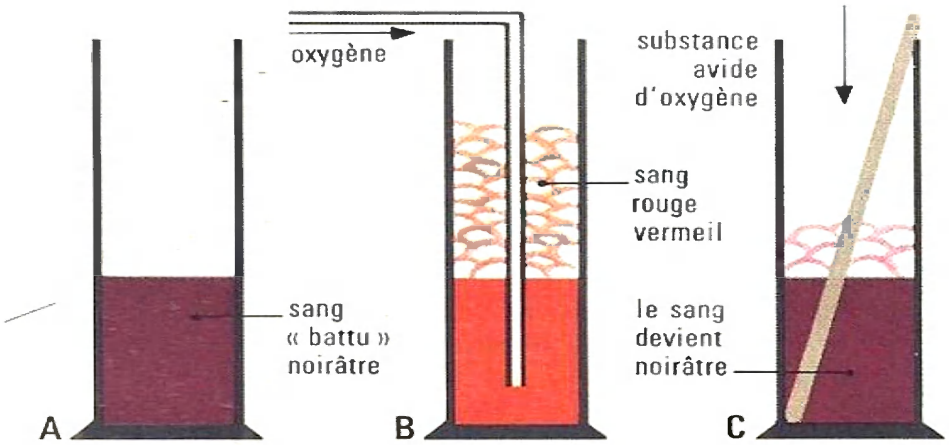
Le sang assure le transport de l'oxygène depuis nos poumons jusqu'à nos organes, grâce à l'hémoglobine contenue dans les globules rouges : ceux-ci sont des transporteurs d'oxygène.

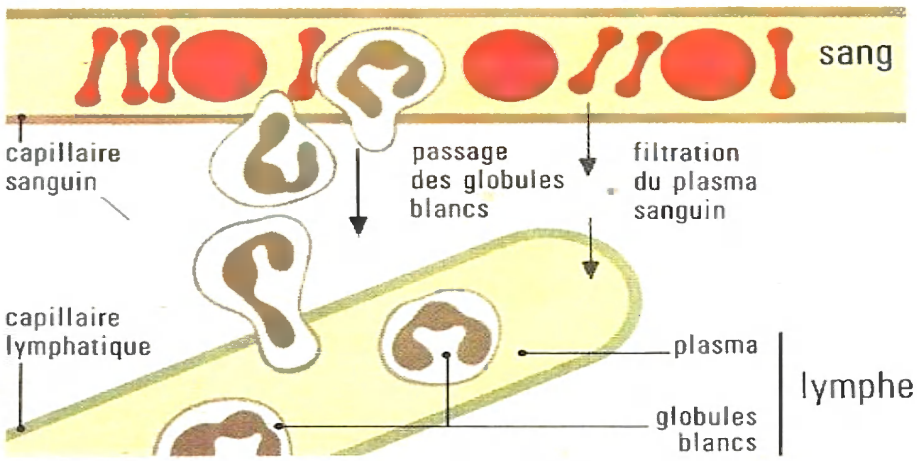
le plasma

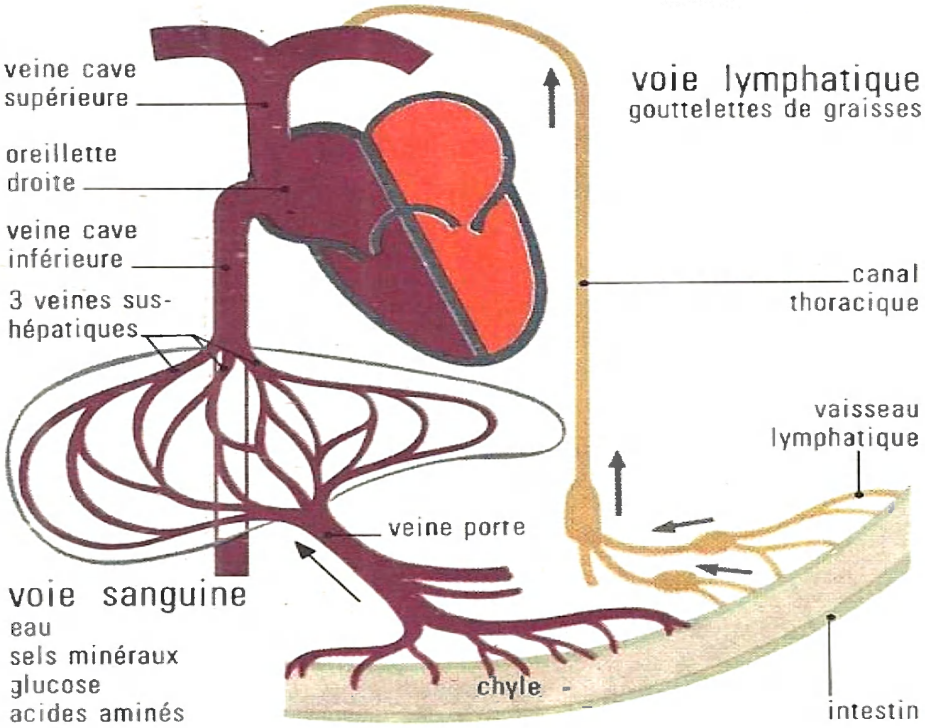
L'analyse du plasma sanguin montre qu'il contient :
— de l'eau, des sels minéraux et des constituants particuliers (albumine, fibrinogène, globuline...) ;
— des substances nutritives : glucose, acides aminés, gouttelettes microscopiques de graisses... ;
— des substances de déchet : gaz carbonique, urée.

Ainsi la composition du plasma montre qu'il joue un rôle prépondérant dans la nutrition des organes :
1° Le plasma reçoit les produits de la digestion **8** et les répartit entre nos organes ;
2° Le plasma transporte le gaz carbonique produit par nos cellules, ainsi que d'autres déchets, aux organes épurateurs : poumons, foie, reins, peau ;
3° Le plasma contribue à la défense de l'organisme; ce mode de défense est lent à se mettre en action alors que la phagocytose est une réaction immédiate ; nous étudierons cette question plus tard.

Le plasma sanguin joue un rôle prépondérant dans la nutrition des organes et contribue à la défense de l'organisme.







6 modification de teinte du sang

A Quelle est la couleur du « sang battu » ?

B Que devient le sang quand on y fait barboter de l'oxygène ?

C Quand on verse une solution d'hydrosulfite de soude dans du sang rouge vermeil, que se produit-il ? Expliquez.

7 formation de la lymphe

A travers la paroi des capillaires sanguins :
- le plasma filtre ;
- les globules blancs passent par effraction.

L'ensemble constitue un liquide jaunâtre, la lymphe, qui baigne nos cellules avant de se rassembler dans des capillaires lymphatiques, puis des veines lymphatiques.

8 le sang reçoit les produits de la digestion

- Certains (indiquez-les) passent directement dans le sang : dans quels vaisseaux circulent-ils avant d'atteindre le cœur ?
- Les gouttelettes de graisses passent dans les chylifères qui se trouvent dans les villosités (page 91, **8**). Ces chylifères sont des capillaires lymphatiques qui se déversent dans le canal thoracique. Où se jette-t-il ?
- Alors, finalement, où arrivent les produits de la digestion ?

IV La transfusion sanguine

l'utilisation du sang humain

Il y a plus de 30 ans, la transfusion sanguine était exceptionnelle (260 cas par an dans le département de la Seine) et seulement par transfusion directe ; aujourd'hui, on utilise du sang frais et du sang conservé en flacons **11** dans les cas suivants :
— du fait d'une perte importante de sang par suite d'une blessure ou d'une opération chirurgicale ;
— pour le traitement de certaines maladies : anémie, intoxication, septicémie, maladie hémolytique des nouveau-nés où il y a destruction des globules rouges par suite d'une incomptabilité entre les facteurs Rh du sang de la mère et du sang du père ;
— lorsque les reins ne remplissent plus leurs fonctions, on emploie le rein artificiel qui exige de cinq à dix-huit flacons de sang.
En plus du sang utilisé tel quel, on emploie aussi :
— du plasma pour le traitement des grands brûlés ;
— des globules rouges pour sauver des anémiés ;
— des dérivés du sang (fibrinogène, albumine, globuline...) pour le traitement de certaines maladies.

Pour certains malades ou opérés, « rien ne remplace le sang ; mais la transfusion du sang n'est possible que grâce à la générosité et à l'esprit de solidarité des hommes ».

l'organisation de la transfusion sanguine

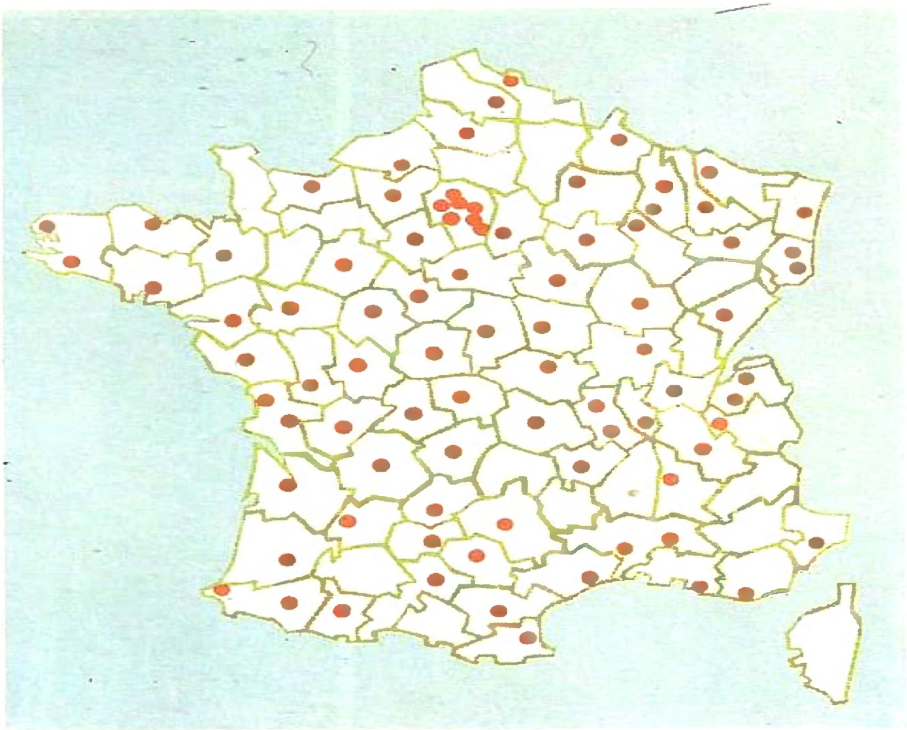
L'organisation d'un réseau de Centres et de Postes de transfusion sanguine **9** est réglementée par une loi de 1952 et divers décrets ultérieurs.
Le district parisien a une organisation particulière en rapport avec ses énormes besoins. Dans les départements, il existe presque toujours un Centre Départemental de Transfusion Sanguine (C.D.T.S.) et parfois un ou plusieurs Postes de Transfusion.

L'organisation de la transfusion est basée sur le « don du sang » : tout adulte, en bonne santé, peut être donneur de sang.

les conditions de la transfusion sanguine

On ne fait une transfusion sanguine à un blessé ou à un opéré qu'avec du sang du même groupe sanguin ou d'un groupe qui convient. Or, il existe :
— 4 groupes sanguins principaux **10** désignés par les capitales A, B, AB ou par le chiffre O (zéro) ;
— un groupe Rh positif (il existe alors le facteur Rhésus dans le sang) et un groupe Rh négatif ;
— des sous-groupes désignés par des lettres capitales (C, D) ou par des lettres minuscules (d, e...).

On ne peut faire une transfusion sanguine à une personne qu'avec du sang provenant d'une autre personne appartenant au même groupe sanguin ou à un groupe qui convient.



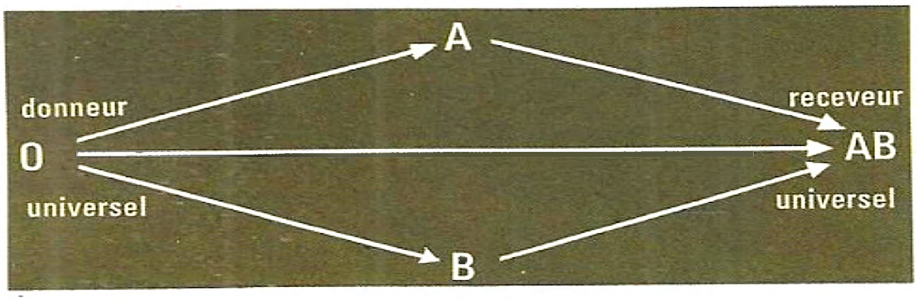
9 l'organisation départementale de la transfusion

Les services de transfusion sont placés sous l'autorité du Directeur Départemental de la Santé, assisté d'un Comité Départemental de Transfusion sanguine.

Les établissements sont de deux sortes :

- les Centres Départementaux de Transfusion, en principe un par département ;
- les Postes de Transfusion situés dans certaines grandes villes.

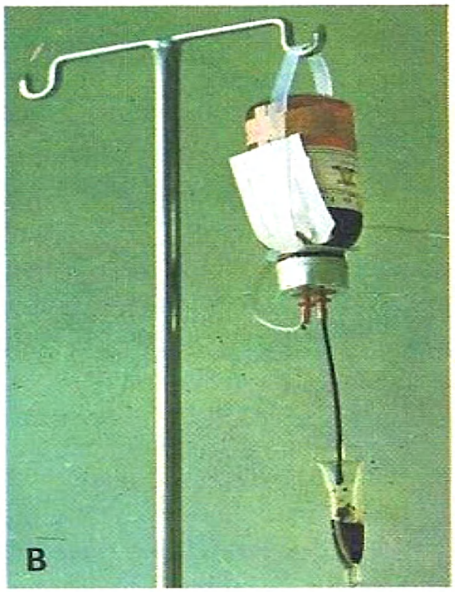
● centre de transfusion



10 transfusions possibles

Quand on appartient :

- au groupe **O** (zéro), on est un « donneur universel » : pourquoi ?
- au groupe **AB** on est un receveur universel, car on peut recevoir du sang provenant d'autres groupes.



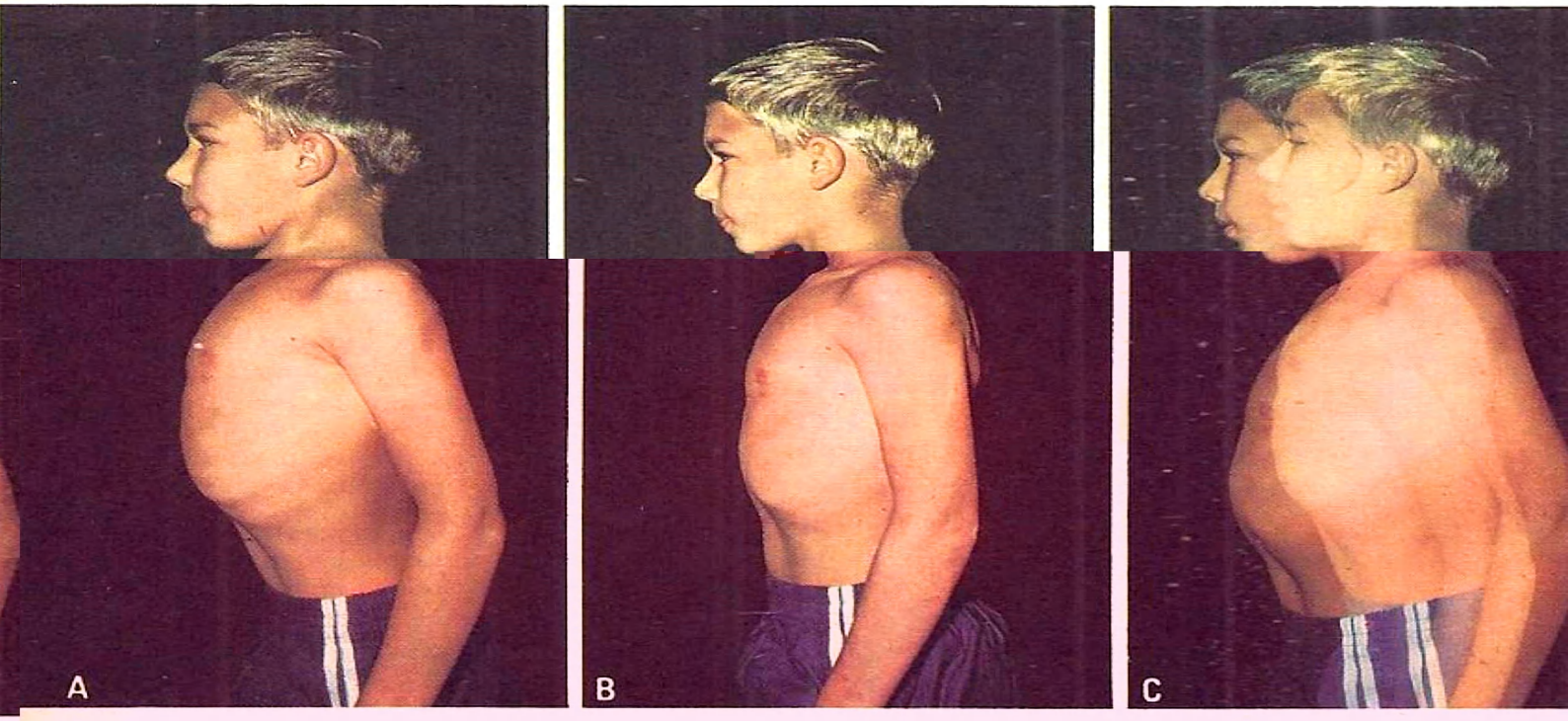
11 matériel utilisé

A Flacon prêt pour un prélèvement de sang ; il contient du citrate de soude ; pourquoi ?

B Flacon de sang pendant la transfusion. Dans le bouchon, passent deux tubes :

- l'un assure l'entrée de l'air dans le flacon ;
- l'autre est relié à une aiguille plongeant dans une veine du bras du blessé. Sur ce tuyau, le filtre peut arrêter les caillots.

12 l'appareil respiratoire



Nous savons que la digestion fournit à nos cellules des substances nutritives :
— certaines sont utilisées pour permettre la réparation des tissus et, chez l'enfant et l'adolescent, pour assurer la croissance ;
— d'autres (surtout le glucose et les corps gras) servent de combustible à nos cellules.
Comme dans presque tous les moteurs, le moteur humain a besoin d'oxygène pour réaliser la combustion des substances nutritives. C'est l'appareil respiratoire qui apporte à l'organisme l'oxygène dont il a besoin ; le sang en assure le transport jusqu'à nos cellules.

La dissection d'une souris nous a permis d'observer, en place, l'appareil respiratoire d'un Mammifère et de connaître les divers organes qui le constituent (revoyez page 9, **1**).

A C un mouvement respiratoire

A L'inspiration : en mettant les mains à plat sur le thorax, on se rend compte que le diamètre antéro-postérieur de la cage thoracique s'accroît et que le tronc s'élargit.

B L'expiration : que se passe-t-il ?

C La superposition de deux photographies montre que, pendant l'inspiration, il y a :
- soulèvement des épaules ;
- accroissement de volume du thorax ;
- refoulement des organes de l'abdomen ;

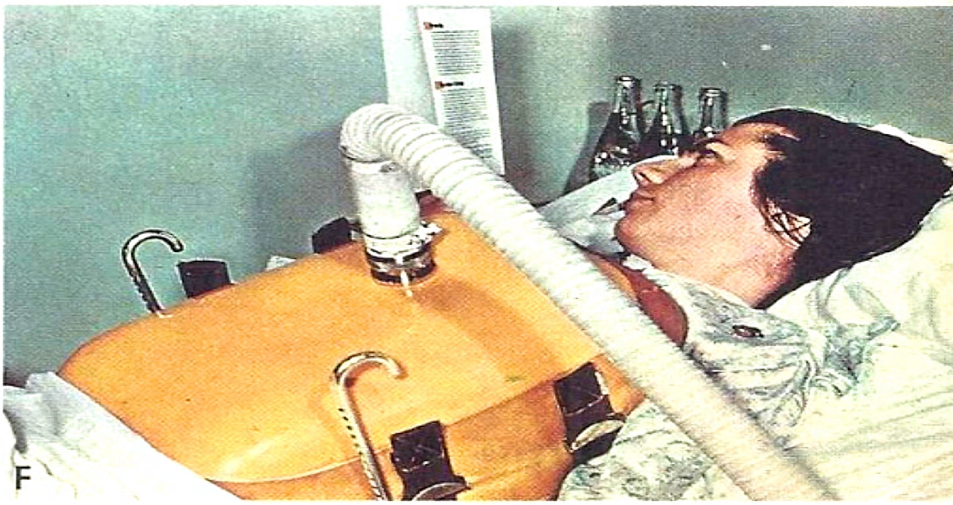
qu'en concluez-vous ?

D radiographie des poumons

A l'aide d'une sonde introduite dans la trachée on a injecté de l'huile iodée, opaque aux rayons. X, dans la bronche droite afin d'observer toutes ses subdivisions.

E le spiromètre

Cet instrument permet de recueillir l'air que contient l'appareil respiratoire et d'indiquer le volume de cet air grâce au déplacement d'aiguilles sur des cadrans gradués.



F un respirateur artificiel

Cet appareil, appelé aussi « poumon artificiel », est une sorte de cuirasse. Il est employé pour les malades atteints de formes graves de poliomyélite avec paralysie des muscles respiratoires.

l'appareil respiratoire du mouton

1 Quelle légende indiqueriez-vous ci-contre à la place des lettres ?

2 Observez les lobules pulmonaires **c**.

3 Recherchez l'irrigation des poumons.

la coupe de la trachée

En B, distinguez :
- la muqueuse **s** ;
- le cartilage **q** : forme-t-il un anneau ?
- les fibres musculaires **r** : quel est leur rôle lors du passage des boulettes d'aliments dans l'œsophage **t** ?

radiographies du thorax

Comparez les deux radiographies C et D :

1 Quelle est celle qui a été prise lors de l'inspiration ? Justifiez votre réponse.

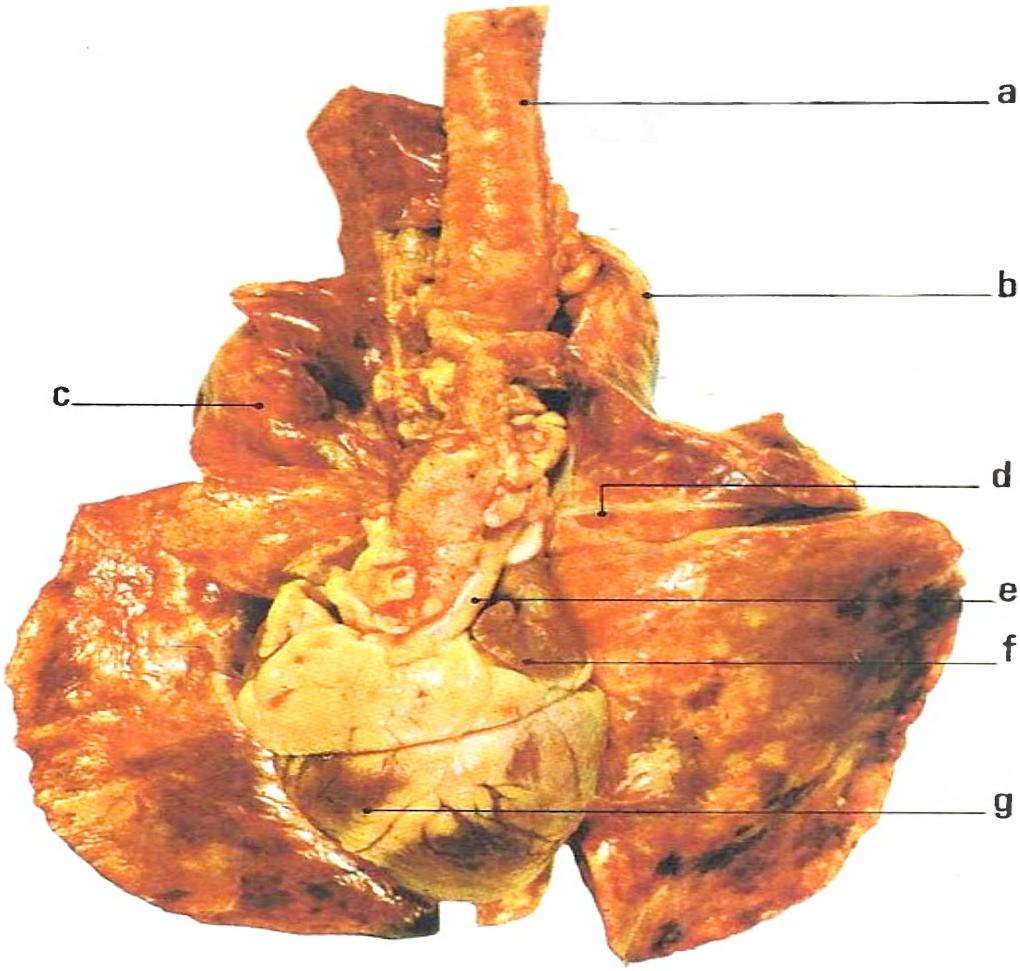
2 Étudiez les déplacements des os et du diaphragme pendant l'inspiration et ensuite pendant l'expiration.

le rôle du diaphragme

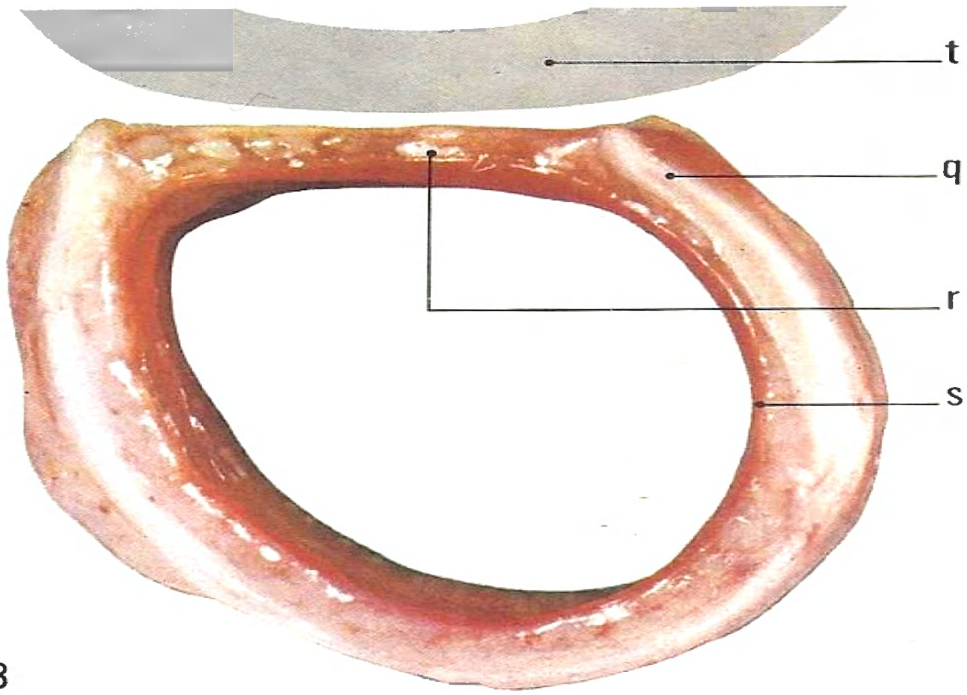
1 Décrivez l'appareil photographié en E et indiquez :
- ce qui représente la cage thoracique, la trachée, les poumons, le diaphragme ;
- ce qui se produit quand on tire sur la lame de caoutchouc ; savez-vous l'expliquer ?

2 A quoi sert le tube **b** muni d'un robinet ?

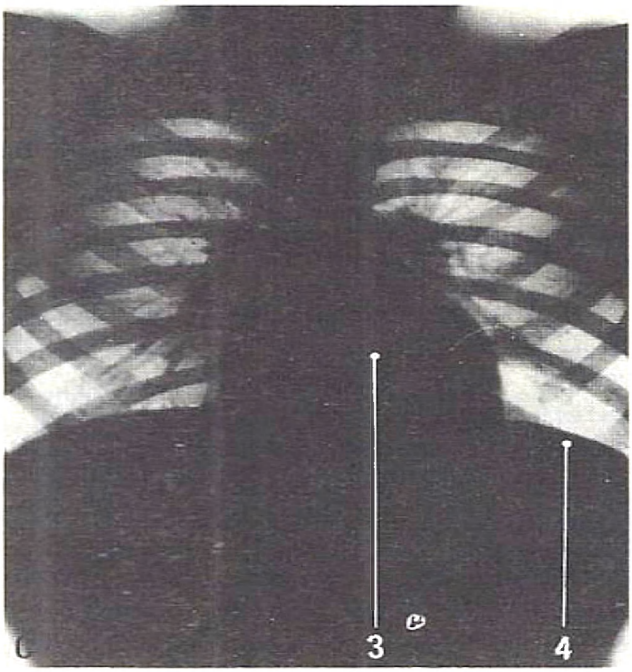
3 Regardez C-D et dites quel est le principal défaut de l'appareil photographié.

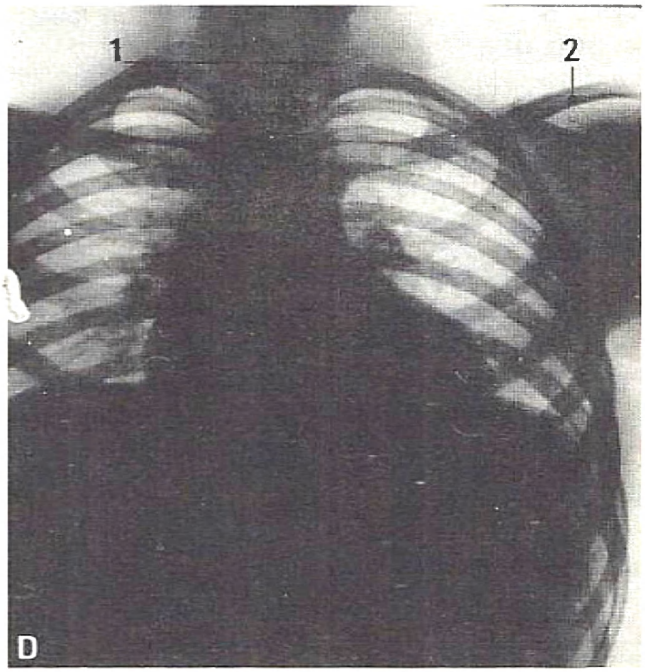


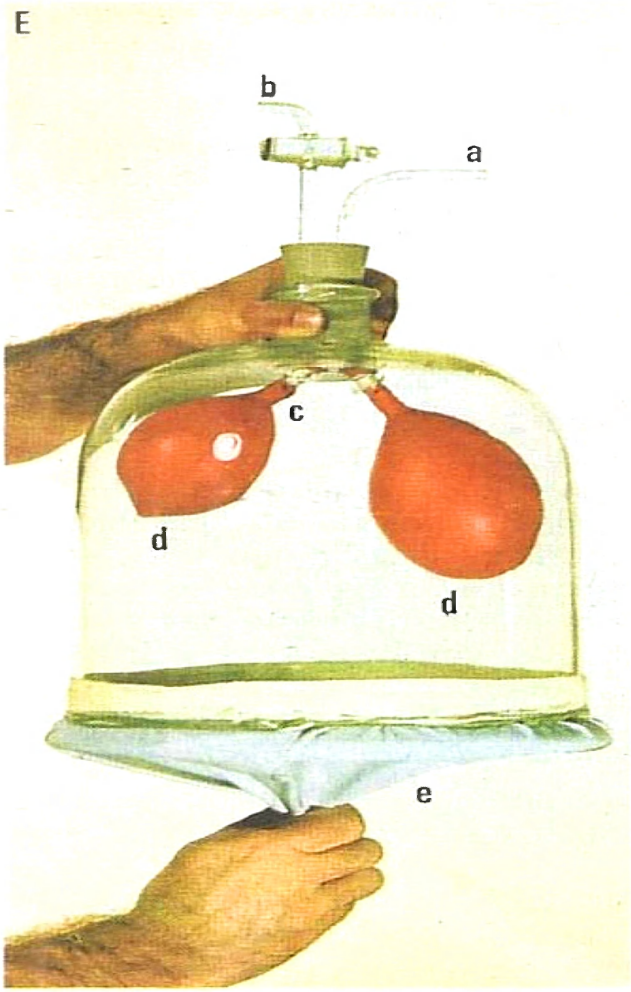
A

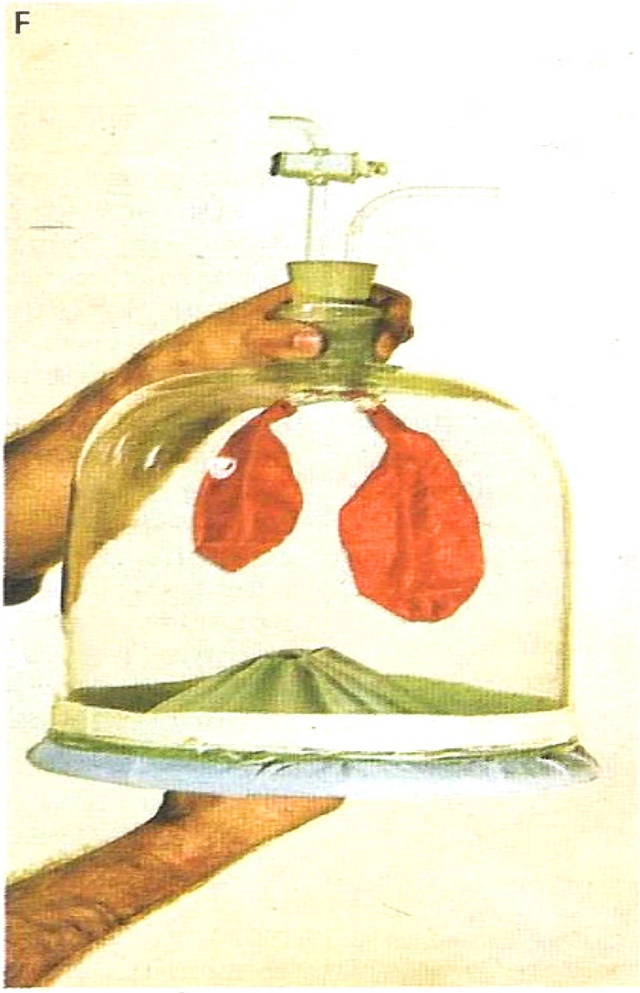


B


3
4


1
2
D


E
b
a
c
d
d
e


F

Leçon

l'appareil respiratoire

Anatomie de l'appareil respiratoire humain

Chez l'homme, comme chez la souris ou le mouton, on distingue les voies respiratoires et les poumons.

les voies respiratoires

Les fosses nasales **1** sont tapissées d'une muqueuse riche en vaisseaux sanguins et contenant des glandes sécrétant du mucus.
Au pharynx, ou arrière-bouche, fait suite le larynx, organe de la voix, soutenu par un cartilage qui forme, en avant, une saillie appelée « pomme d'Adam ». La trachée-artère est un tube de 12 cm de long qui est maintenu béant par des arcs cartilagineux. Sa surface interne est revêtue d'une muqueuse couverte de cils dont les mouvements assurent la remontée des poussières vers la bouche. Une bronche pénètre dans chacun de nos poumons.

Les voies respiratoires comprennent les fosses nasales, le pharynx, le larynx, la trachée-artère et les deux bronches.

les poumons

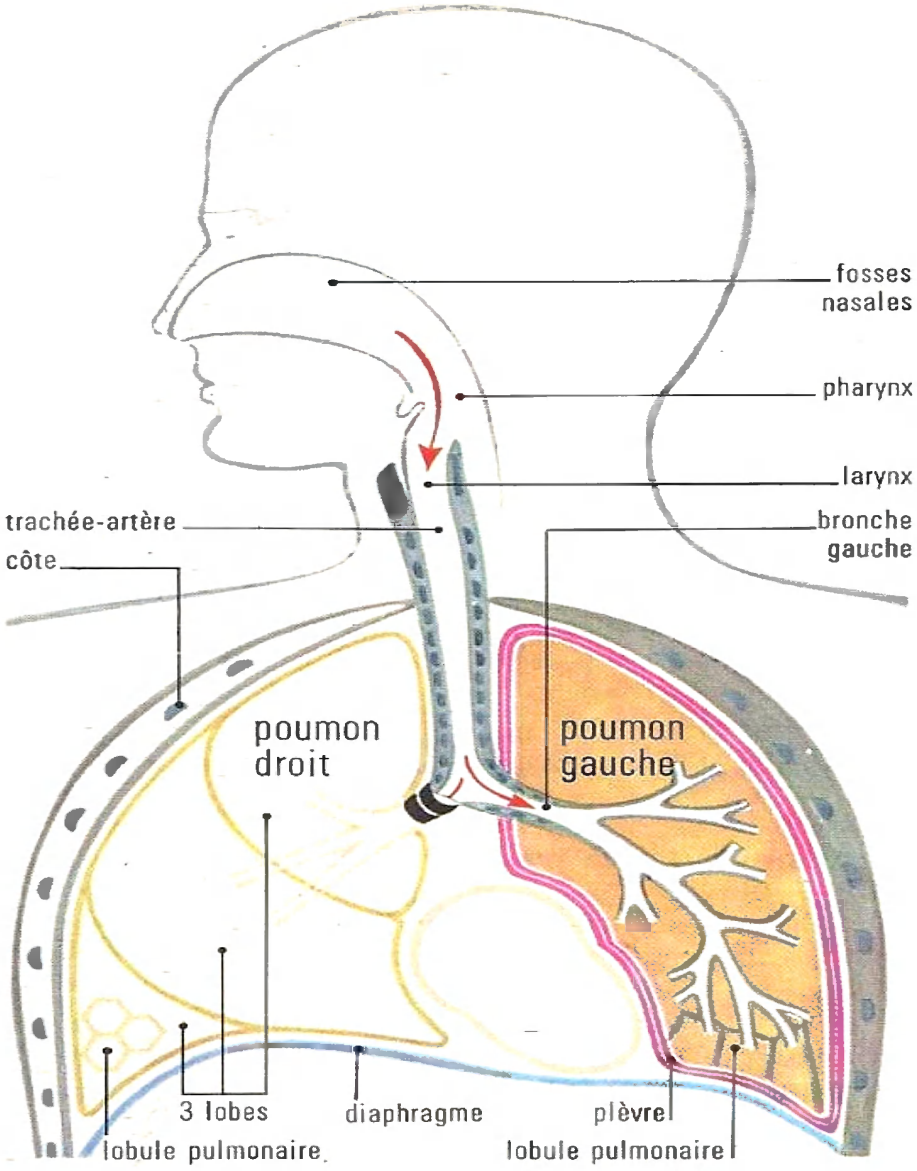
Le poumon droit est divisé en trois lobes **1** ; le poumon gauche, plus petit, en deux lobes seulement. Chacun des lobes est formé de lobules pulmonaires. A son entrée dans le poumon droit, la bronche droite se divise en trois bronches secondaires se rendant chacune dans l'un des lobes ; la bronche gauche ne donne que deux bronches secondaires. Les bronches secondaires se subdivisent à leur tour et pénètrent dans les lobules pulmonaires.

la constitution d'un lobule pulmonaire

Un lobule pulmonaire **2** est constitué par un tissu élastique dans lequel pénètrent :
— une petite bronche, dite bronche intralobulaire, qui se divise en donnant plus de 50 bronchioles ; chacune d'elles porte plusieurs petits sacs, nommés vésicules pulmonaires. Leur paroi externe est bosselée ; leur paroi interne présente des alvéoles comme les rayons de cire d'un nid d'abeilles ;
— un rameau de l'artère pulmonaire dont les ramifications, accolées à celles de la bronche, donnent un réseau de capillaires couvrant chaque vésicule.

Du lobule sort une veine qui a drainé tout le sang ayant été au contact des vésicules pulmonaires.

Les poumons sont constitués d'une multitude de lobules pulmonaires. Chacun d'eux contient de nombreuses vésicules pulmonaires entourées chacune d'un réseau de capillaires.



1 le schéma de l'appareil respiratoire

Quels sont les organes qui constituent les voies respiratoires ?

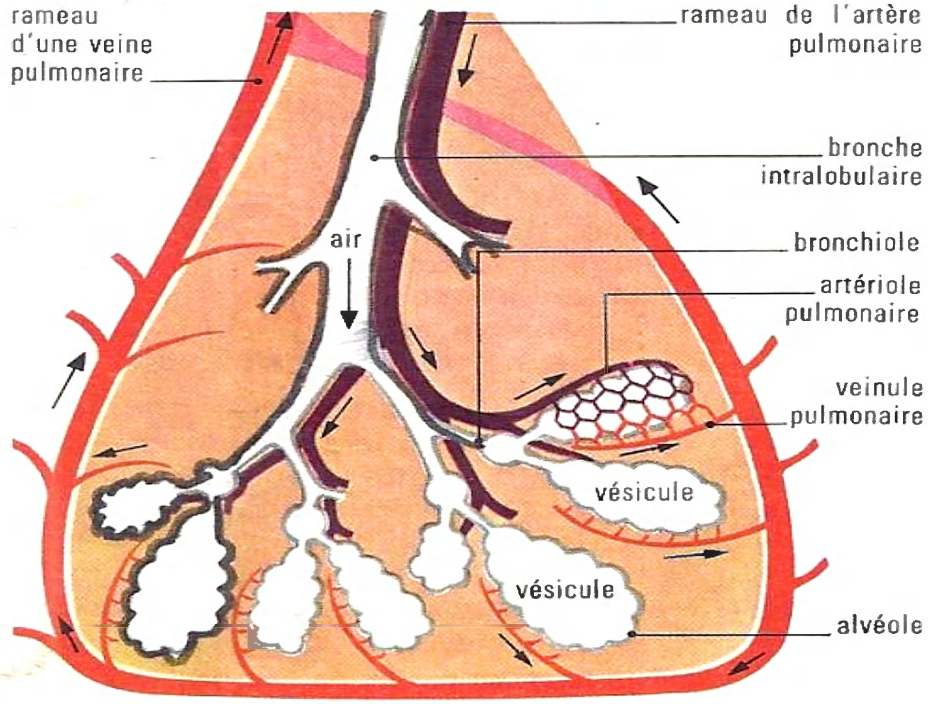
Qu'est-ce qui empêche la trachée-artère de s'affaisser ?

La muqueuse de la trachée contient de nombreuses glandes à mucus; quel est le rôle de ce mucus ?

En combien de lobes est partagé le poumon droit ? et le gauche ?

Chez le mouton, le nombre des lobes n'est pas le même.

A l'étal d'un boucher, remarquez la différence de volume entre la cage thoracique d'un mouton et les poumons; qu'en concluez-vous ?



2 le schéma d'un lobule pulmonaire

Aperçoit-on les lobules situés à la partie superficielle des poumons du mouton ?

Quelle est la surface du polygone qui les limite ? Alors, comprenez-vous pourquoi le volume d'un lobule ne dépasse pas 1 cm^3 ?

Par quoi se termine chaque bronchiole ?

Quelle est la propriété essentielle du tissu qui entoure les vésicules pulmonaires?

le réseau sanguin

Dans chaque poumon pénètre un rameau de l'artère pulmonaire **3** ; il se subdivise un grand nombre de fois et les artérioles pulmonaires apportent du sang noir aux réseaux de capillaires sanguins qui recouvrent les vésicules pulmonaires.

Le sang, devenu rouge vermeil dans ces capillaires, se rassemble dans les veinules pulmonaires des lobules, puis sort de chaque poumon par deux veines pulmonaires (où débouchent-elles ?).
Si l'on rangeait côte à côte tous les capillaires des poumons, on aurait une nappe sanguine de 150 m^2.

Nos poumons contiennent un riche réseau de capillaires sanguins qui ne sont séparés de l'air que par la paroi des alvéoles. Grâce à l'étendue de la nappe sanguine, et à la minceur des parois des capillaires et des alvéoles, nos poumons sont un lieu d'échanges gazeux entre l'air et le sang.

les plèvres

Chaque poumon est contenu dans un sac à double paroi, la plèvre **1**. La paroi externe de la plèvre est appliquée contre la paroi thoracique ou contre le diaphragme, tandis que la paroi interne est adhérente à l'un des poumons. Les deux parois de la plèvre sont presque l'une sur l'autre ; entre elles, il n'existe qu'une faible quantité d'un liquide onctueux qui facilite les mouvements du poumon.

II Renouvellement de l'air dans les poumons

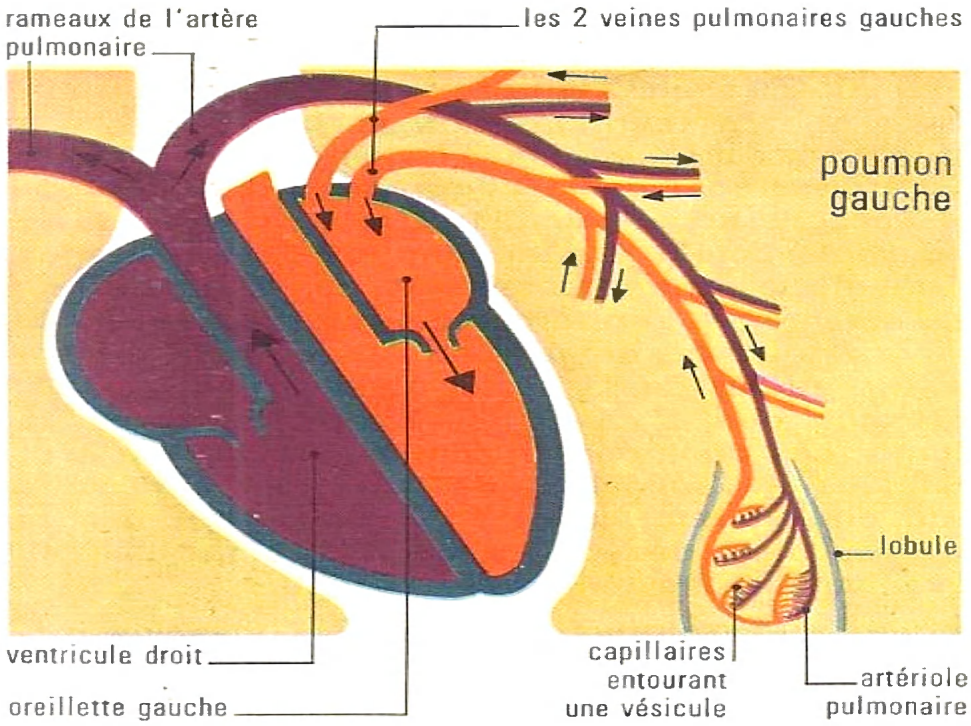
Au repos, chez l'adulte, on compte de 16 à 18 mouvements respiratoires normaux par minute. Chacun d'eux comporte deux phases (indiquez-les).

un mouvement respiratoire

Au cours de l'inspiration, il y a entrée de l'air dans l'appareil respiratoire parce que le volume de la cage thoracique s'accroît du fait :
— d'une augmentation de son diamètre transversal **4** A et de son diamètre antéro-postérieur **4** B ;
— que le diaphragme se tend et s'abaisse **4** B.

Au cours de l'expiration, une partie de l'air contenu dans les poumons est rejeté du fait :
— de la diminution du diamètre transversal de la cage thoracique **4** A et de son affaissement **4** C ;
— que la voussure du diaphragme s'accroît **4** C.

Un mouvement respiratoire normal comporte deux phases :
- **l'inspiration assure l'entrée de l'air dans les poumons ;**
- **l'expiration permet le rejet, en partie, de l'air des poumons.**



3 l'irrigation des poumons

D'où « part » l'artère pulmonaire ? Que renferme-t-elle ? Où ce sang est-il conduit ?

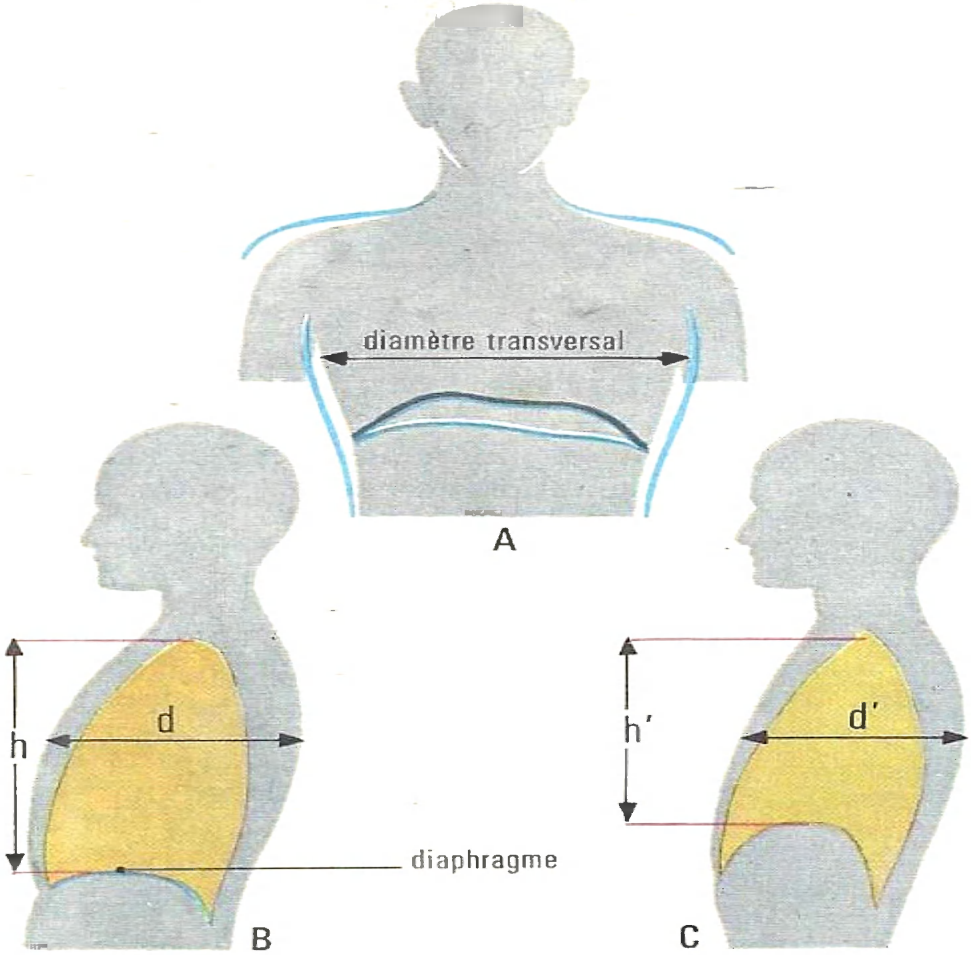
Que devient sa couleur au niveau des vésicules pulmonaires ?

Qu'est-ce qui ramène le sang rouge au cœur ? Dans quelle partie du cœur arrive-t-il ?

Comment appelle-t-on cette partie de la circulation sanguine ?

sang rouge sombre dit **sang noir**

sang rouge vermeil dit **sang rouge**



4 les variations de volume de la cage thoracique

C'est au cours d'un mouvement respiratoire normal : qu'indique le trait bleu ?

A De face, qu'observe-t-on pendant l'inspiration ? Sur quels documents avez-vous pu le constater ?

B Pendant l'inspiration, que devient :

- le diamètre antéro-postérieur **d** ?
- la hauteur **h** de la cage thoracique ?

C Pendant l'expiration, que deviennent **d'** et **h'** ? A quoi voyez-vous, sur vous, que la voussure du diaphragme s'accroît ?

pendant l'inspiration

le mécanisme de l'inspiration

Pendant une inspiration normale, de nombreux muscles inspirateurs se contractent :
1 Les muscles élévateurs des côtes se raccourcissent et font tourner les côtes autour de leurs articulations sur les vertèbres (schéma p. 17) ; d'où :
— l'élargissement de la cage thoracique, c'est-à-dire l'accroissement du diamètre transversal **5** A ;
— le soulèvement du sternum et l'augmentation du diamètre antéro-postérieur du thorax **5** B ;
2 Le diaphragme, en forme de voûte au repos, se tend et refoule les organes de l'abdomen, de sorte que la hauteur de la cavité thoracique s'accroît. C'est ainsi que la cavité thoracique augmente de volume. Les poumons en font autant, car ils sont élastiques et solidaires de la cage thoracique et du diaphragme, grâce à la plèvre. Du fait de l'accroissement de volume des poumons, l'air en provenance de l'extérieur s'y engouffre.

le mécanisme de l'expiration

Pendant une expiration normale, les muscles inspirateurs (citez-les) se relâchent, ce qui provoque :
— l'affaissement de la cage thoracique **5** B ;
— l'augmentation de la voussure du diaphragme.
Les poumons sont alors comprimés et une partie de l'air contenu dans les poumons est chassée.

Dans un mouvement respiratoire normal, l'inspiration est une phase active, alors que l'expiration est une phase passive.

A chaque inspiration normale, 0,5 litre d'air pénètre dans nos poumons : c'est l'air courant. Lors de l'expiration, le même volume d'air est chassé.

III Mouvements respiratoires forcés

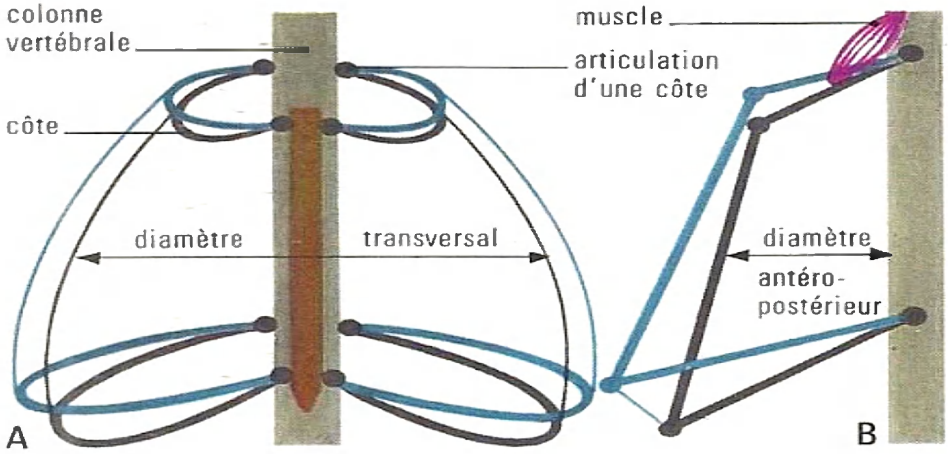
l'inspiration forcée

Quand on dilate la cage thoracique le plus possible (c'est alors une inspiration forcée), il entre environ 2 l d'air dans les poumons **7** : c'est l'air courant (0,5 l) et l'air complémentaire (1,5 l).

l'expiration forcée

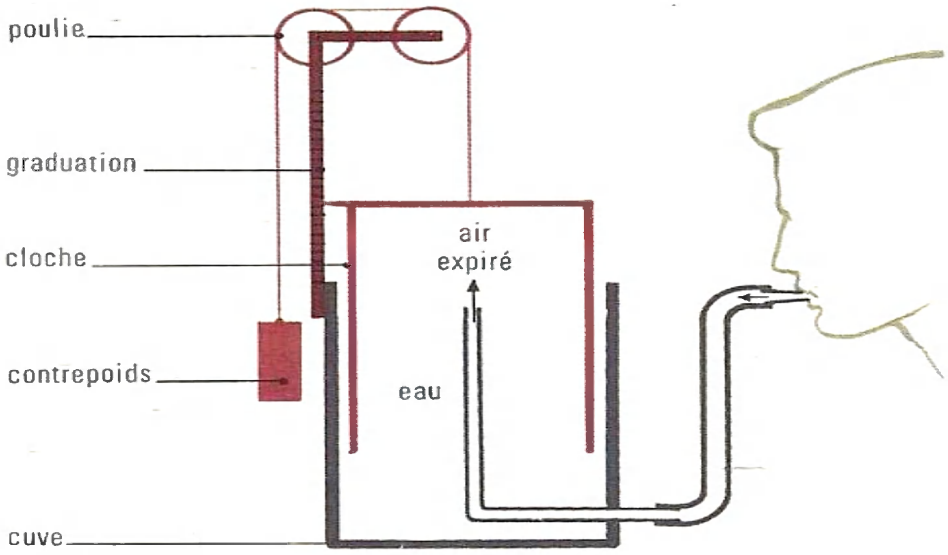
Après avoir fait une inspiration forcée, quand on déprime le plus possible la cage thoracique (expiration forcée), on chasse 3,5 l d'air : c'est la capacité vitale de l'homme normal. On la détermine en soufflant dans un spiromètre **6**.
Après une expiration forcée, il reste encore 1,5 l d'air dans les poumons : c'est l'air résiduel **7** ; on ne peut pas le chasser de nos poumons.

Chez l'adulte, la capacité totale des poumons atteint 5 l ; mais la capacité vitale n'est, en moyenne, que 3,5 l.



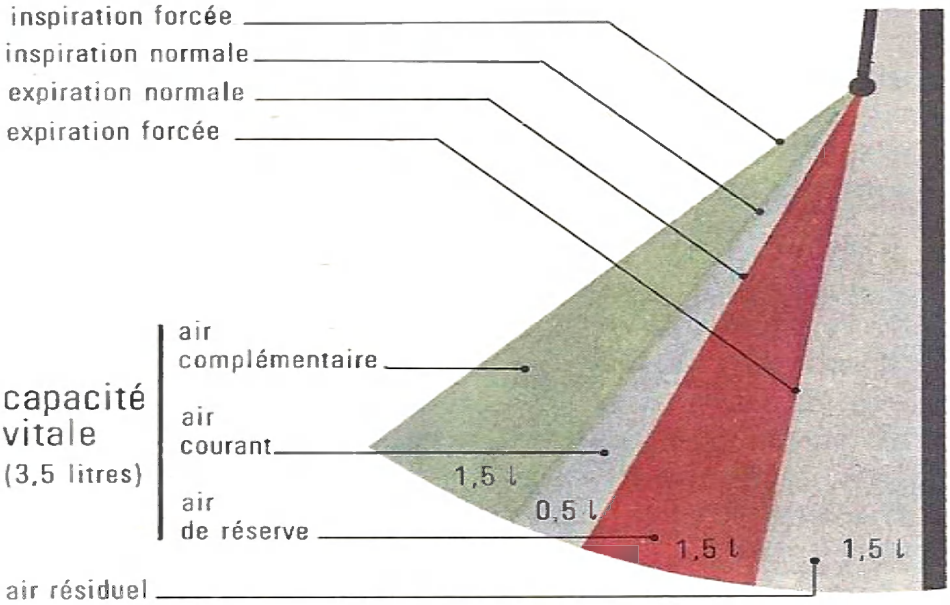
5 le mécanisme de l'inspiration

Sur quoi les côtes s'articulent-elles du côté dorsal ? et du côté ventral sont-elles rattachées directement au sternum ? Pendant l'inspiration, les côtes effectuent le même mouvement qu'une anse de seau qu'on soulève ; alors, qu'en résulte-t-il ?



6 le schéma d'un spiromètre

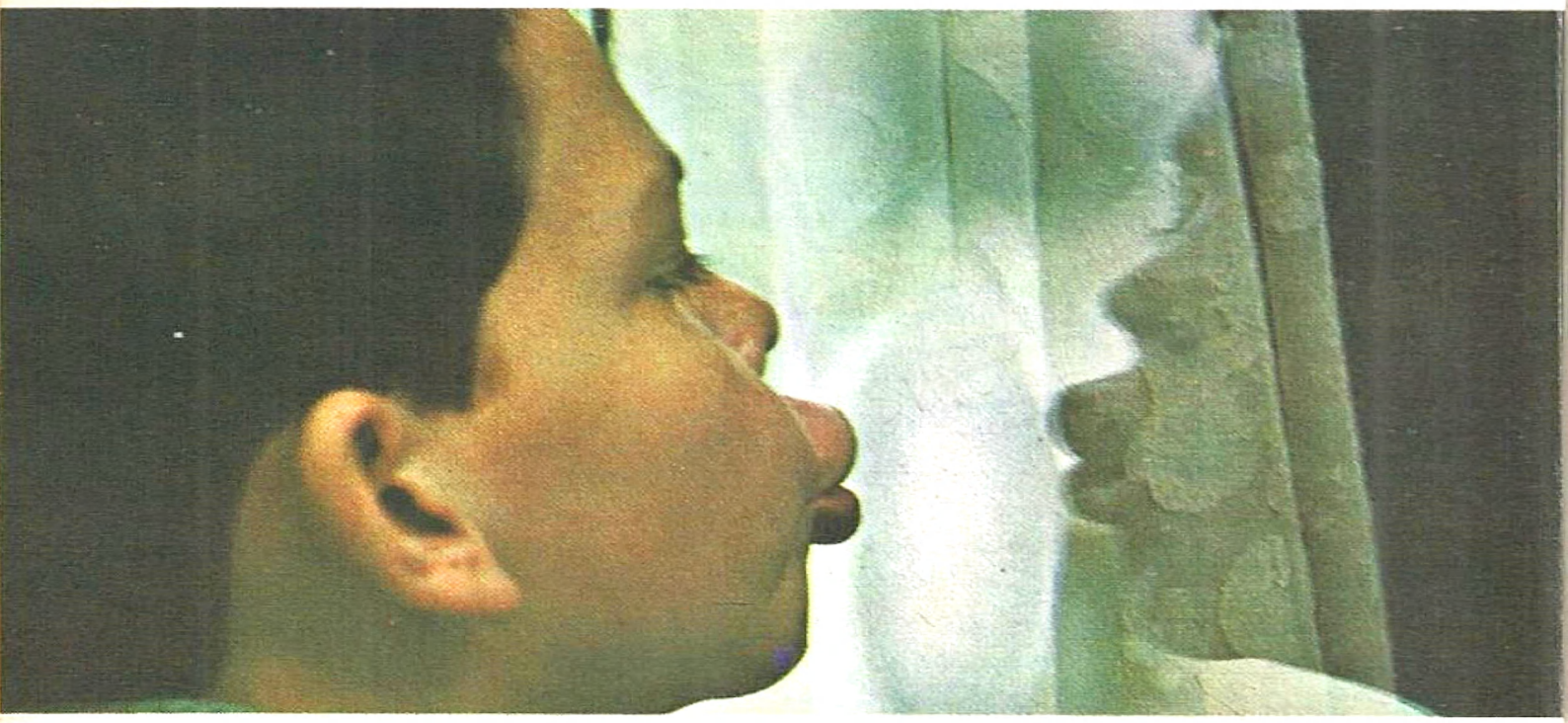
Il existe plusieurs modèles de spiromètres : l'air est recueilli tantôt dans un sac de caoutchouc, tantôt dans une cloche contenant de l'eau. Quand on souffle dans l'appareil, que se produit-il ? Où lit-on le volume d'air expiré ? Peut-on faire différentes déterminations ? Indiquez lesquelles.



7 la capacité respiratoire

On compare le thorax à un soufflet nommé « soufflet thoracique ». Après avoir fait une inspiration forcée, si l'on fait une expiration forcée, quel volume d'air rejette-t-on ? Quel est le volume de l'air courant ? Si l'on effectue, en moyenne, 15 mouvements respiratoires normaux par minute, quel est le volume de l'air qui passe en 24 h dans nos poumons ?

13 la respiration



Les mouvements respiratoires, qui assurent l'entrée de l'air dans nos poumons et son rejet, constituent les phénomènes mécaniques de la respiration.

Nous allons montrer que des échanges gazeux s'effectuent entre l'air et le sang au niveau des poumons : c'est ce que l'on appelle les phénomènes chimiques de la respiration.

Mais, à travers la peau, il se produit aussi des échanges gazeux : du gaz carbonique est rejeté et de l'oxygène traverse la peau pour enrichir le sang : c'est la respiration cutanée. Elle ne représente que le centième de la respiration pulmonaire. Les grands brûlés ne meurent pas parce que la respiration cutanée ne peut plus s'effectuer, mais parce que des substances toxiques se forment dans les cellules brûlées ; en passant ensuite dans le sang, ces substances intoxiquent l'organisme.

soufflez sur une vitre

Sur une vitre froide et sèche, soufflez : que remarquez-vous ? qu'en concluez-vous ?

aspirez et soufflez

Dans deux tubes à essais contenant de l'eau de chaux :

B Aspirez lentement pendant une minute.

B' Soufflez pendant une minute aussi.

Que remarquez-vous ? Qu'en concluez-vous ?

montons une expérience

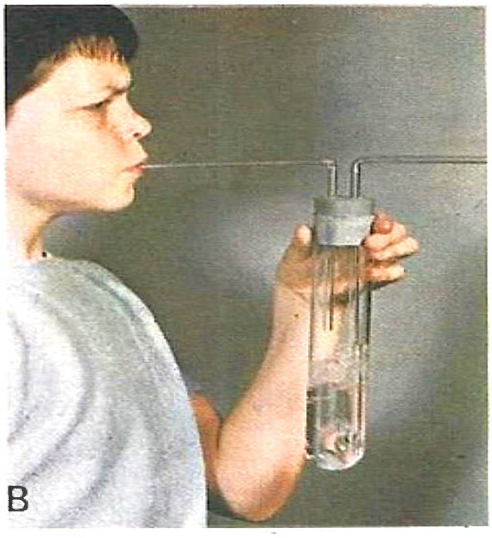
Dans le tube ayant un étranglement on verse de l'eau de chaux **n**, puis on introduit des fragments de muscle ou de foie **m** prélevés sur une souris que l'on vient de tuer avec une forte dose de chloroforme. On ajuste un tube fin **q** qui plonge dans de l'eau colorée. Après quelques heures, que constatez-vous ?

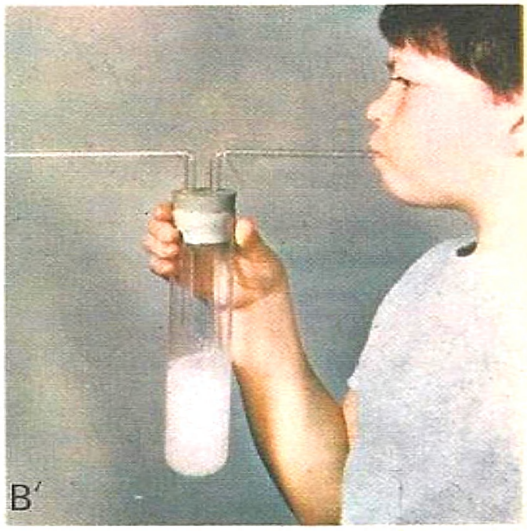
l'action du gaz de ville sur le sang

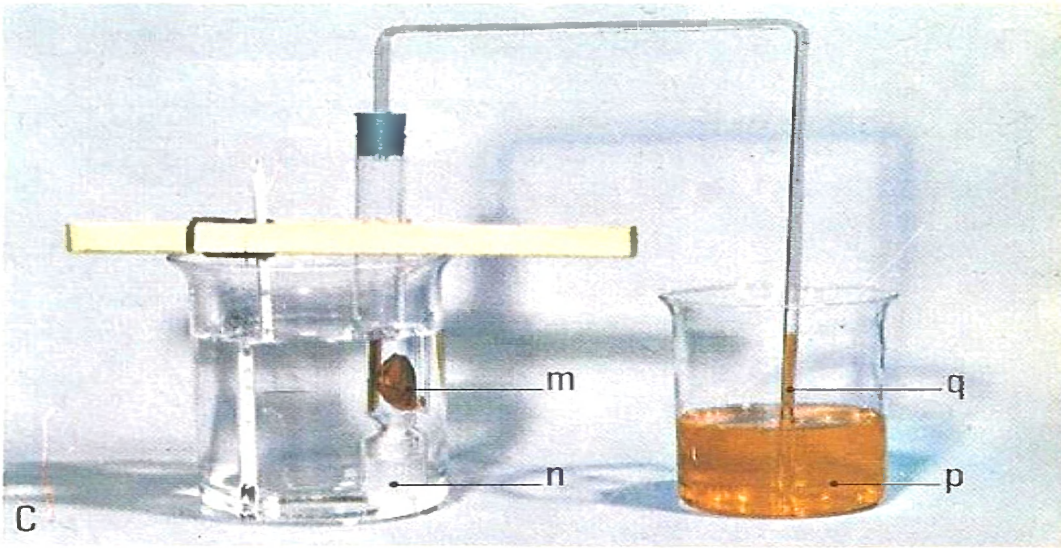
D Quelle est la couleur du « sang battu » ? Comment l'a-t-on préparé ? Pourquoi ne coagule-t-il pas ?

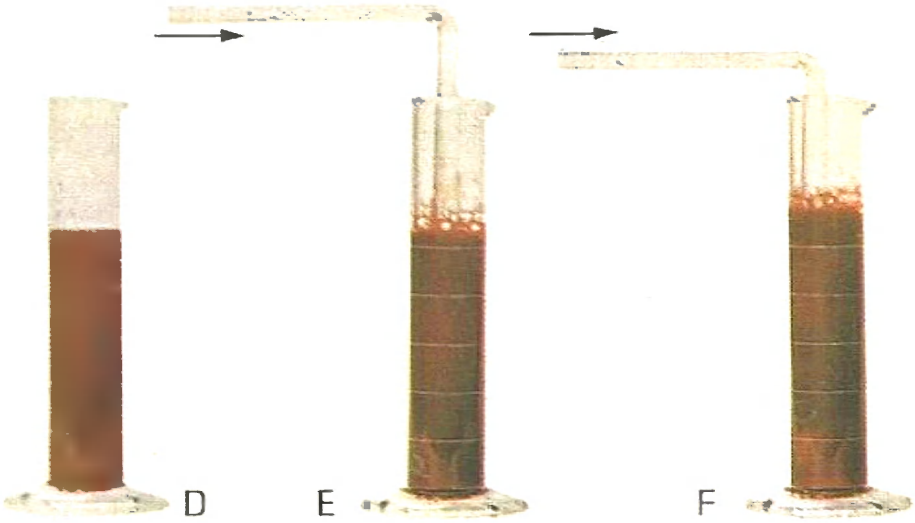
E Faisons barboter du gaz de ville dans du « sang battu », que devient sa couleur ?

F Faisons barboter ensuite de l'oxygène dans le même vase : la couleur du sang change-t-elle ? Concluez !









soins aux asphyxiés

En présence d'un asphyxié, il faut intervenir très vite. En même temps, faites appel au Service de la Protection civile (Pompiers, Police-Secours) dont l'action est indispensable en cas d'asphyxie par l'oxyde de carbone (gaz de ville).

le dégagement de l'asphyxié

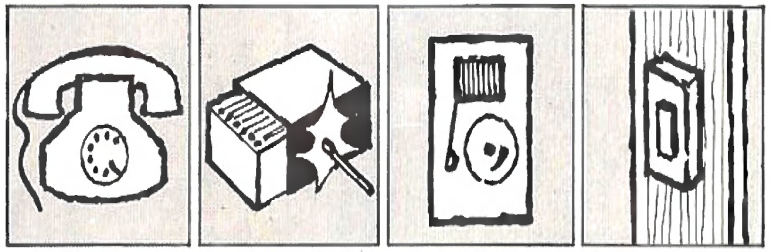
Supprimez la cause de l'asphyxie avec précautions :
- coupez la corde (pendaison) en soutenant la tête;
- sortez le corps de l'eau, s'il s'agit d'une noyade;
- aérez le local (asphyxie par le gaz) sans provoquer une explosion;
- supprimez la cause de l'électrocution avant de toucher un électrocuté.

l'insufflation pulmonaire

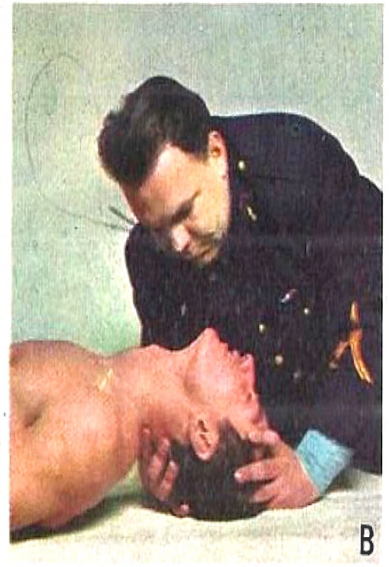
C'est le « bouche à bouche ».
1 Pour faciliter le passage de l'air, soulevez la nuque, basculez la tête en arrière.

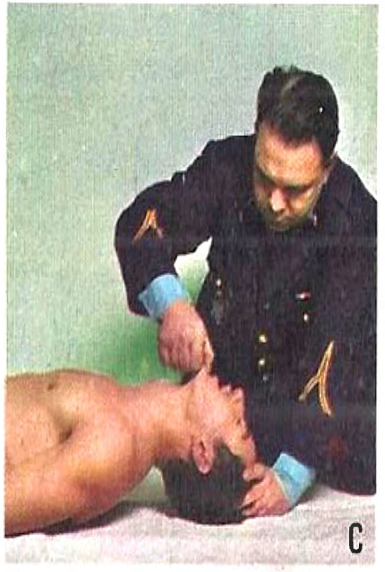
Précautions à prendre pour le dégagement des asphyxiés par l'oxyde de carbone (gaz de ville)

ATTENTION au danger d'explosion
N'allumer la lampe de poche qu'en dehors de la zone toxique



le dégagement d'un électrocuté





insufflation pulmonaire

2 Soufflez fort dans la bouche pour provoquer l'expansion de la poitrine; où sont placées les mains? Puis laissez l'expiration s'effectuer librement.

3 Continuez les insufflations au même rythme que votre respiration.

la respiration artificielle

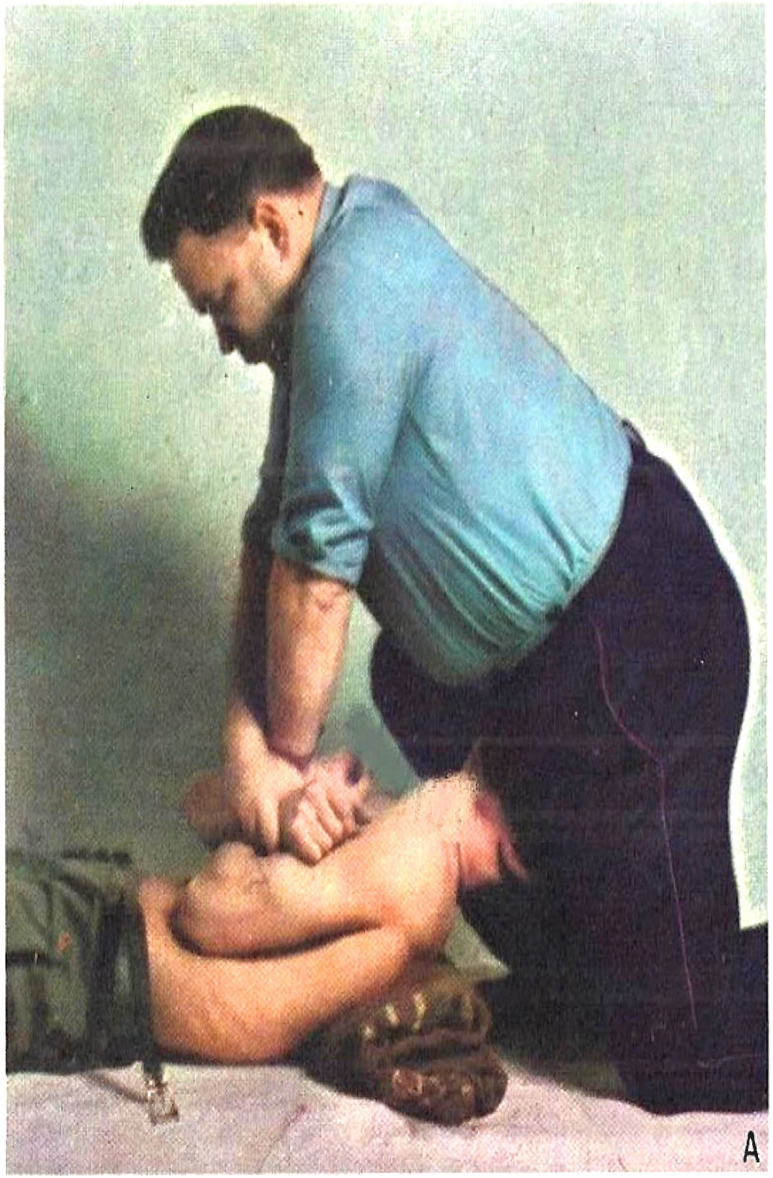
• Comme ci-contre, pratiquez la méthode Sylvester :

1 Observez, avec précision, la position du sauveteur et de la victime; celle-ci est placée sur le dos de façon à alterner, s'il y a lieu, la méthode Sylvester et le « bouche à bouche ».

2 Entraînez-vous à pratiquer les gestes qui provoquent l'expiration et l'inspiration de l'asphyxié.

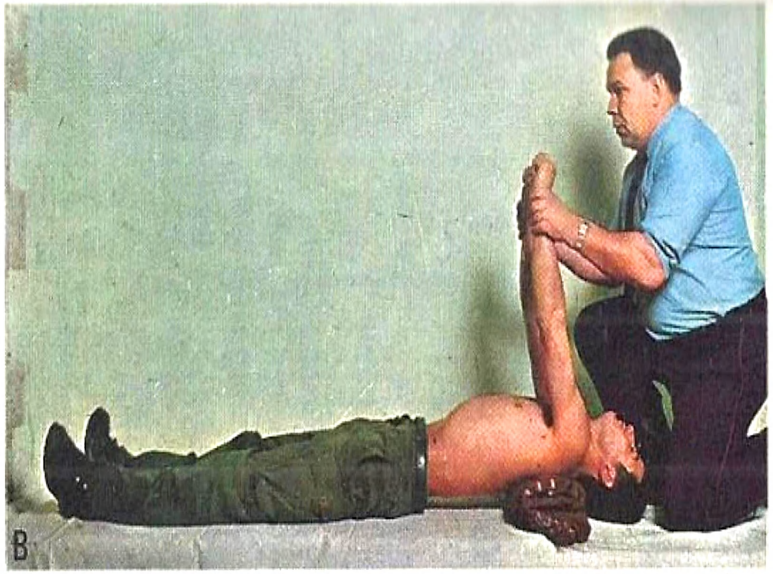
• Agissez sans retard : 95 % de réussite si l'intervention a lieu une minute après l'arrêt de la respiration; 25 % après 5 mn.

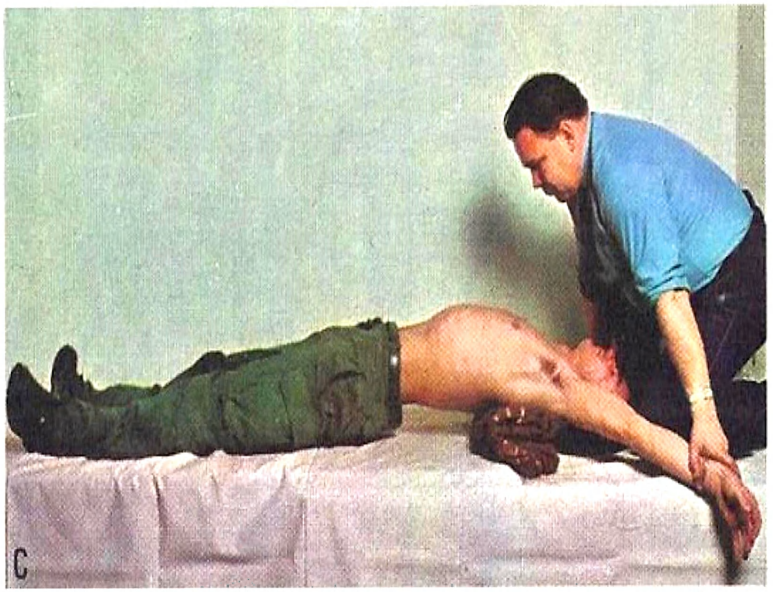
• Agissez longtemps et sans interruption jusqu'à l'arrivée des sauveteurs.



expiration

Les mains appliquées sur les poignets de l'asphyxié, dont les bras sont repliés sur la poitrine, le sauveteur se penche en avant sans plier les coudes et fait pression sur le thorax : que provoque-t-il?





inspiration

Le sauveteur tire les bras de l'asphyxié vers le haut en dégageant la poitrine, puis les repose en croix sur le sol et les maintient; comment est le thorax? A quoi le voyez-vous? Que se produit-il?

Les échanges gazeux pulmonaires

comparons l'air inspiré et l'air expiré

Quand on souffle sur une vitre froide, elle se couvre de gouttelettes d'eau ; ainsi l'air expiré contient de la vapeur d'eau.
Quand on fait barboter l'air expiré dans de l'eau de chaux, celle-ci se trouble rapidement **1** B.
Quand on fait passer, pendant le même temps, l'air inspiré dans la même quantité d'eau de chaux, elle reste limpide **1** A ; ainsi l'air expiré contient plus de gaz carbonique que l'air inspiré.

L'analyse de l'air donne les résultats suivants :

pour 100 litres	oxygène	gaz carbonique	azote	eau
air inspiré	21 l	0,03 l	79 l	peu
air expiré	16 l	4 l	79 l	4 g
différence	− 5 l	+ 4 l	0	+ 4 g

Dans nos poumons, l'air se charge de vapeur d'eau, de gaz carbonique et s'appauvrit en oxygène ; ainsi il se produit des échanges gazeux : c'est la respiration pulmonaire.

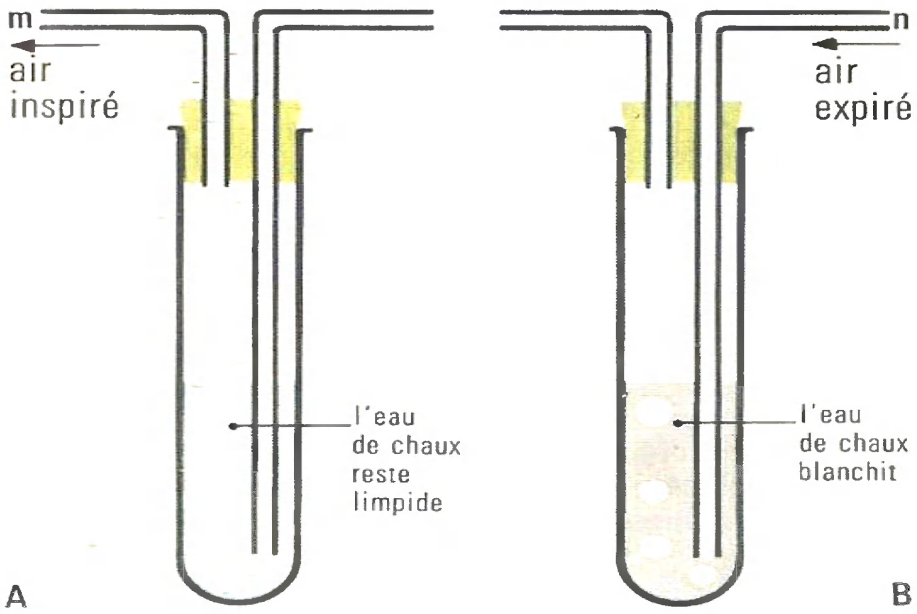
modifications subies par le sang

Le sang qui arrive aux poumons (page 111, **8**) est rouge sombre (sang noir) ; le sang qui sort des poumons est rouge vermeil (sang rouge). L'expérience **6** B, page 121, montre que l'hémoglobine fixe l'oxygène pour donner de l'oxyhémoglobine : hémoglobine + oxygène → oxyhémoglobine.
Au niveau des alvéoles pulmonaires **3**, le sang noir contenu dans les capillaires se transforme en sang rouge, car l'hémoglobine devient de l'oxyhémoglobine ; ainsi le sang s'enrichit en oxygène.

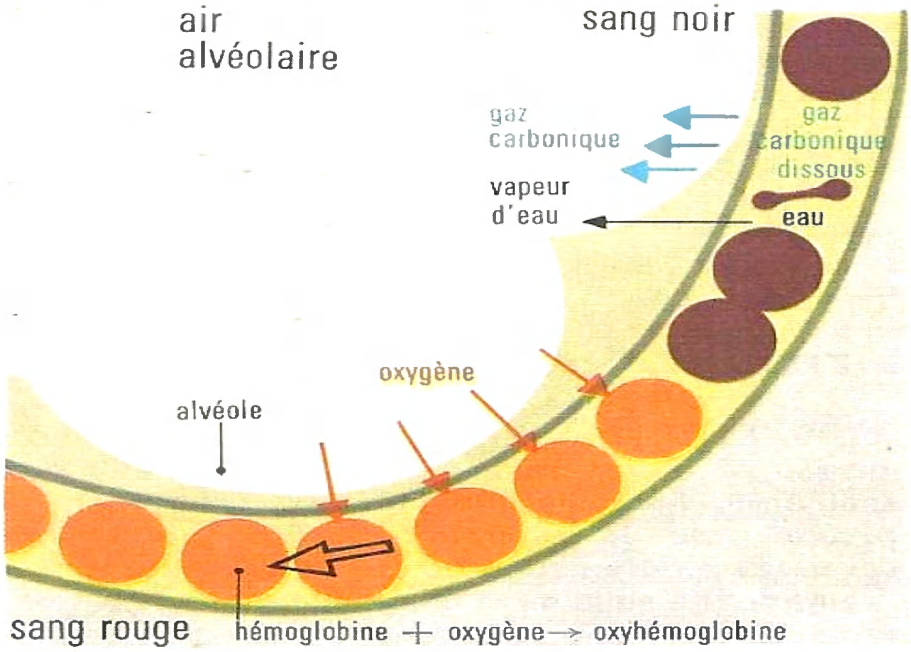
Au niveau des poumons, le sang s'enrichit en oxygène, car l'hémoglobine contenue dans les globules rouges se transforme en oxyhémoglobine ; le sang devient alors rouge vermeil.

Le sang noir, qui arrive aux poumons, contient du gaz carbonique dissous dans le plasma **3**. Dans les alvéoles, l'air contient peu de gaz carbonique ; d'où :

Au niveau des poumons, le gaz carbonique dissous dans le plasma sanguin traverse la paroi des alvéoles pulmonaires; le sang, qui perd du gaz carbonique, est donc ainsi épuré.



pour 100 cm³ de sang	oxygène	gaz carbonique
sang noir (artère pulmonaire)	12 cm³	48 cm³
sang rouge (veine pulmonaire)	20 cm³	40 cm³
différence	+ 8 cm³	— 8 cm³



1 l'action de l'air sur l'eau de chaux

A En **m**, on aspire l'air contenu dans le tube à essais : que se produit-il ?
L'eau de chaux est-elle troublée par l'air qui entre dans le tube ?

B En **n**, on souffle lentement et pendant le même temps que l'on a fait une inspiration dans l'autre tube. Que devient alors l'eau de chaux ? qu'en concluez-vous ?

2 les gaz contenus dans le sang

Sur un animal anesthésié, on a fait des prises de sang dans l'artère pulmonaire et dans l'une des veines pulmonaires. Que montre l'analyse du sang à l'entrée et à la sortie des poumons ?

3 le sang au niveau des poumons

Regardez page 111, **8** : quel est le vaisseau qui amène le sang aux poumons ? Revoyez **2** et dites ce que perd le sang noir au niveau des poumons. Et en quoi s'enrichit-il ?
Quelle expérience vous a montré que la teinte du sang dépendait de sa teneur en oxygène ?
Sous quelle forme le sang transporte-t-il le gaz carbonique ? Pourquoi ce gaz passe-t-il dans les alvéoles ?

II Les échanges gazeux au niveau des tissus

mise en évidence

Des fragments d'organe d'un animal sont placés dans l'air d'un tube contenant un peau d'eau de chaux ; au bout de quelques heures **4**, on constate que :
— l'eau de chaux est blanche : il y a donc eu dégagement de gaz carbonique par les tissus ;
— l'eau colorée est montée dans le tube fin ; ce qui prouve qu'une partie de l'air est disparue.
L'analyse du gaz restant dans le gros tube montrerait que l'air s'est appauvri en oxygène ; d'où :

Les cellules des organes absorbent de l'oxygène et rejettent du gaz carbonique ; il se produit donc des échanges gazeux au niveau des organes : c'est la respiration des tissus.

modifications subies par le sang

Le sang qui arrive à un organe, par exemple un muscle (page 111, **8**) est rouge vermeil (sang rouge) ; le sang qui sort de cet organe est rouge sombre (sang noir). L'expérience **6** C, page 121, montre que l'oxyhémoglobine est un composé instable : oxyhémoglobine → hémoglobine + oxygène↑.
Ainsi, au niveau des organes, le sang abandonne l'oxygène qu'il contient, car l'oxyhémoglobine des globules rouges se transforme en hémoglobine ; c'est pourquoi, dans un organe, le sang devient noir.

Le gaz carbonique produit par les cellules d'un organe se dissout dans la lymphe qui baigne les cellules **5**, puis passe dans le plasma sanguin : dans nos organes, le sang se charge de gaz carbonique.

rôle respiratoire du sang

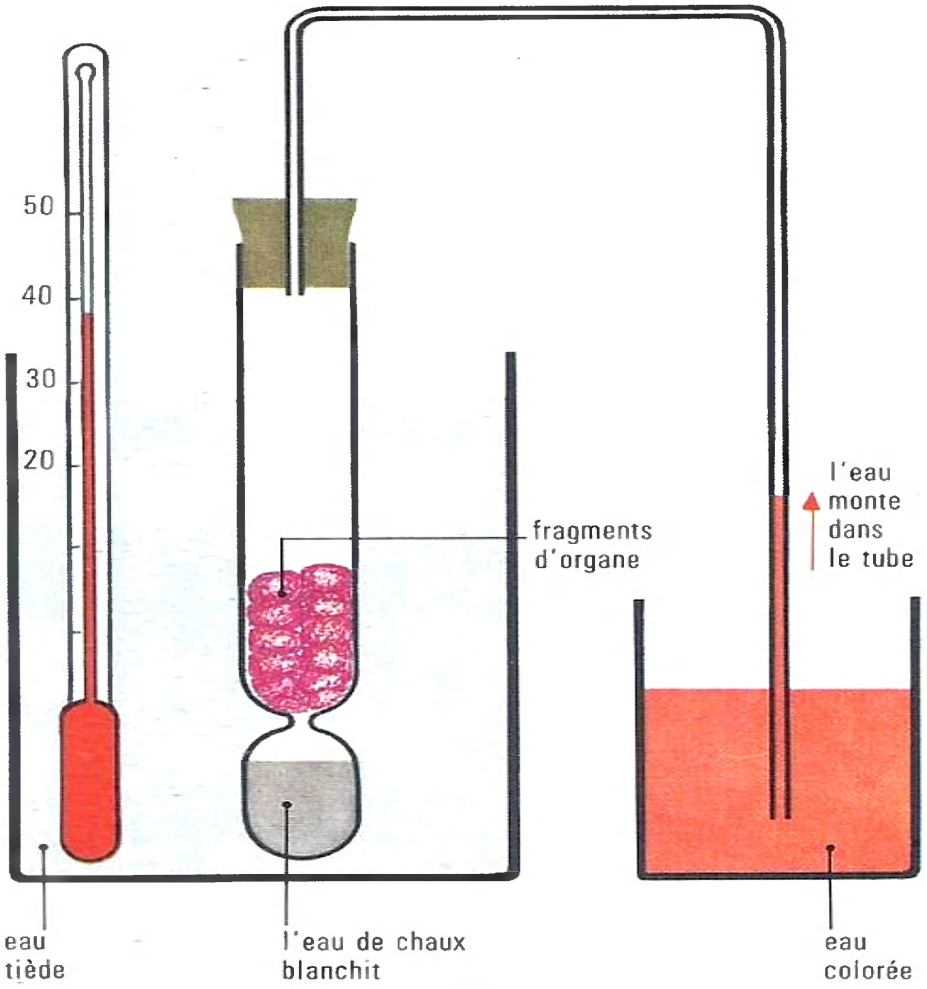
Le sang assure le transport des gaz respiratoires :
— l'oxygène est transporté depuis nos poumons jusqu'à nos organes sous forme d'oxyhémoglobine : les globules rouges sont des transporteurs d'oxygène ;
— le gaz carbonique est transporté depuis nos organes jusqu'aux poumons par le plasma sanguin.

Le sang approvisionne nos organes en oxygène et les débarrasse du gaz carbonique produit par les cellules.

III Ce qu'est la respiration

c'est une combustion

En 1785, Lavoisier montra que, sous une cloche, un oiseau se meurt et qu'une chandelle s'éteint : l'oiseau et la chandelle manquent alors d'oxygène ; il en conclut que la respiration est une combustion du carbone avec formation de gaz carbonique ; mais, contrairement à celle de la chandelle qui donne une flamme, la respiration est une combustion lente.



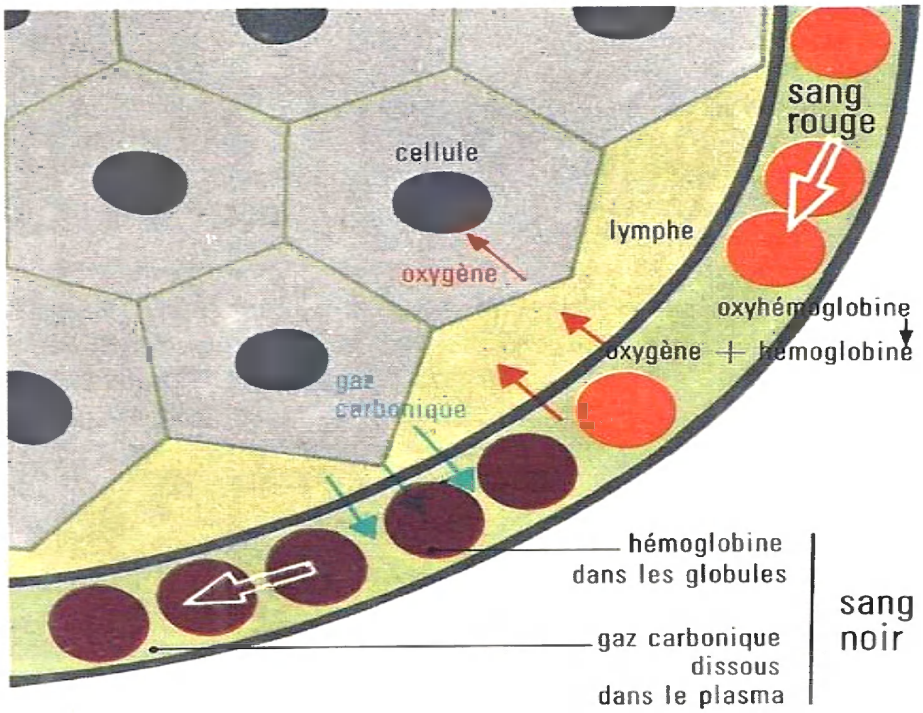
4 la respiration des tissus

Qu'a-t-on mis dans le tube ayant un étranglement ? Pourquoi a-t-on ajusté un tube fin plongeant dans de l'eau colorée ?

Le dispositif a été placé dans de l'eau tiède : dites pourquoi.

Au bout de quelques heures, quelles observations fait-on ? Que peut-on en conclure ?

Une expérience analogue fut réalisée en 1870, par Paul Bert.



5 le sang au niveau des tissus

Regardez page 111, **8** : quelle est la couleur du sang qui arrive dans un organe ? et celle du sang qui sort de ce même organe ?

Que contiennent les globules rouges du sang rouge ? et ceux du sang noir ? Alors, de quoi dépend la couleur du sang ?

Quelle est l'expérience qui vous a montré que l'oxyhémoglobine est un composé instable ?

A quoi sert l'oxygène dans les cellules ?

ce qui se produit dans les tissus

Si les muscles, ainsi que tous les tissus, absorbent de l'oxygène, c'est parce que certaines substances nutritives apportées par le sang subissent des oxydations, appelées combustions respiratoires :
— elles libèrent de l'énergie qui assure la contraction du cœur et des autres muscles ainsi que le maintien de notre température à 37° ;
— elles produisent des déchets (gaz carbonique, urée...) qui passent dans le sang.

C'est surtout la combustion du glucose et des graisses qui libère de l'énergie ; c'est pourquoi on dit que ce sont des substances énergétiques. Mais les acides aminés peuvent aussi participer à ces combustions respiratoires en donnant de l'urée.

Dans les tissus, certaines substances nutritives subissent des oxydations, dites combustions respiratoires, qui libèrent de l'énergie et produisent des déchets (gaz carbonique, urée).

IV L'asphyxie et ses causes

ce qu'est l'asphyxie

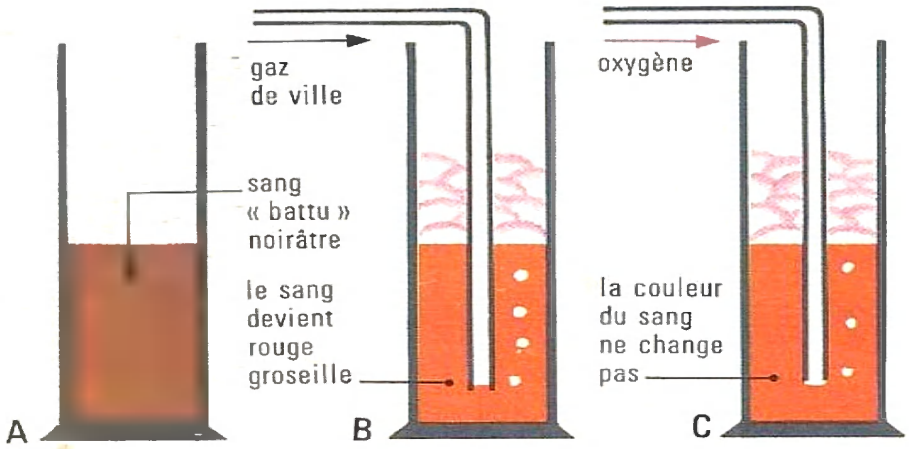
L'asphyxie est le ralentissement ou l'arrêt des échanges gazeux pulmonaires : le sang n'est plus enrichi en oxygène et le muscle cardiaque, qui ne reçoit plus assez d'oxygène, se contracte péniblement de sorte que la circulation se ralentit ou s'arrête ; il y a alors perte de connaissance.

les causes de l'asphyxie

1 L'intoxication par l'oxyde de carbone qui se dégage d'un poêle dont le fonctionnement est défectueux ou, accidentellement, d'un appareil à gaz (cuisinière, chauffe-eau...), car le gaz de ville contient de 8 à 10 % d'oxyde de carbone.
L'expérience **6** montre qu'il se forme une substance nouvelle, l'hémoglobine oxycarbonée. Elle ne se décompose pas dans les poumons et l'hémoglobine ne peut plus transporter d'oxygène.

L'oxyde de carbone est un violent poison car, avec l'hémoglobine, il donne un composé stable de sorte que les globules rouges ne peuvent plus jouer leur rôle respiratoire.

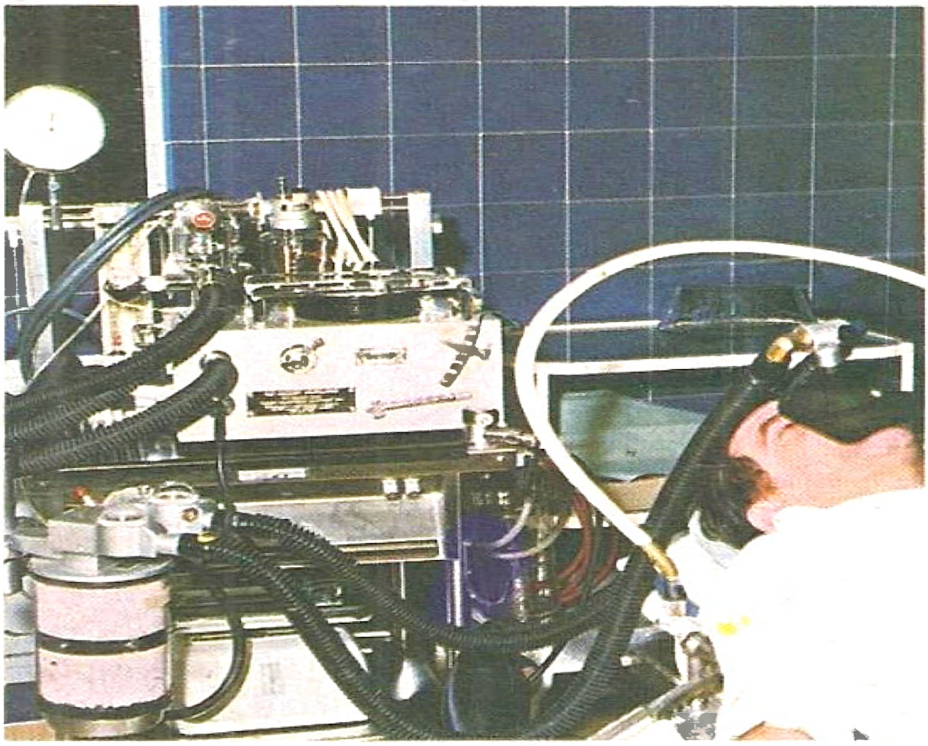
2 L'obstruction des voies respiratoires (noyade, pendaison, corps étranger, piqûre de guêpe...).
3 L'électrocution : elle provoque la contraction permanente des muscles respiratoires (citez-les).
4 La raréfaction de l'oxygène : c'est ce qui se produit quand des mineurs se trouvent emmurés.
5 Un taux élevé de gaz carbonique comme cela existe dans les cuves où se fait la fermentation.



6 l'action de l'oxyde de carbone sur le sang

En **B**, pourquoi utilise-t-on du gaz de ville ? Qu'observe-t-on ?

En **C**, la couleur du sang dans lequel on a fait barboter du gaz de ville change-t-elle avec l'oxygène ? qu'en concluez-vous ?



7 l'inhalation d'oxygène

On l'emploie quand il y a intoxication par l'oxyde de carbone, car la respiration artificielle ne suffit pas pour rétablir les échanges respiratoires.

L'oxygène se dissout dans le plasma qui peut alors approvisionner nos cellules.

En fait, on emploie souvent un mélange contenant 95 parties d'oxygène et 5 parties de gaz carbonique, car ce gaz, à faible dose, stimule les mouvements respiratoires.

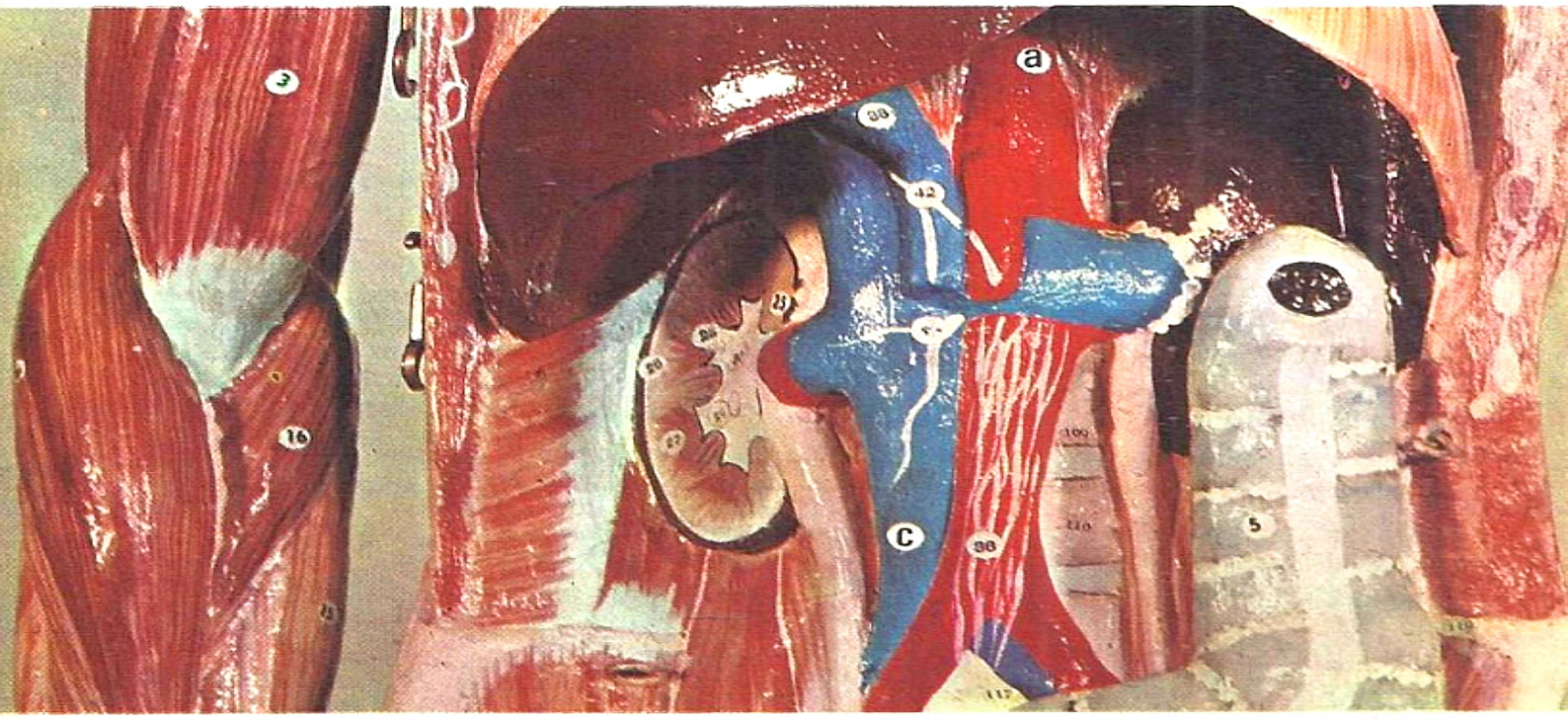
Causes de l'asphyxie	mortalité en 1963	pourcentages
oxyde de carbone	1 069	25,2
noyade	2 348	55,5
électrocution	236	5,6
corps étranger	69	1,6
suffocation par aliments	200	4,7
suffocation par objets de literie	113	2,7
autres causes	199	4,7

8 décès accidentels par asphyxie

Quelles sont, d'après cette statistique, les principales causes de décès accidentels par asphyxie, en France ?

Recherchez comment agit chacune d'elles.

14 les reins et l'urine



Les combustions respiratoires et l'usure de la « matière vivante » produisent des déchets : gaz carbonique, urée, acide urique, sulfates... Des cellules où ils ont pris naissance, ces déchets de la nutrition passent dans la lymphe et le sang qui constituent le « milieu intérieur ».

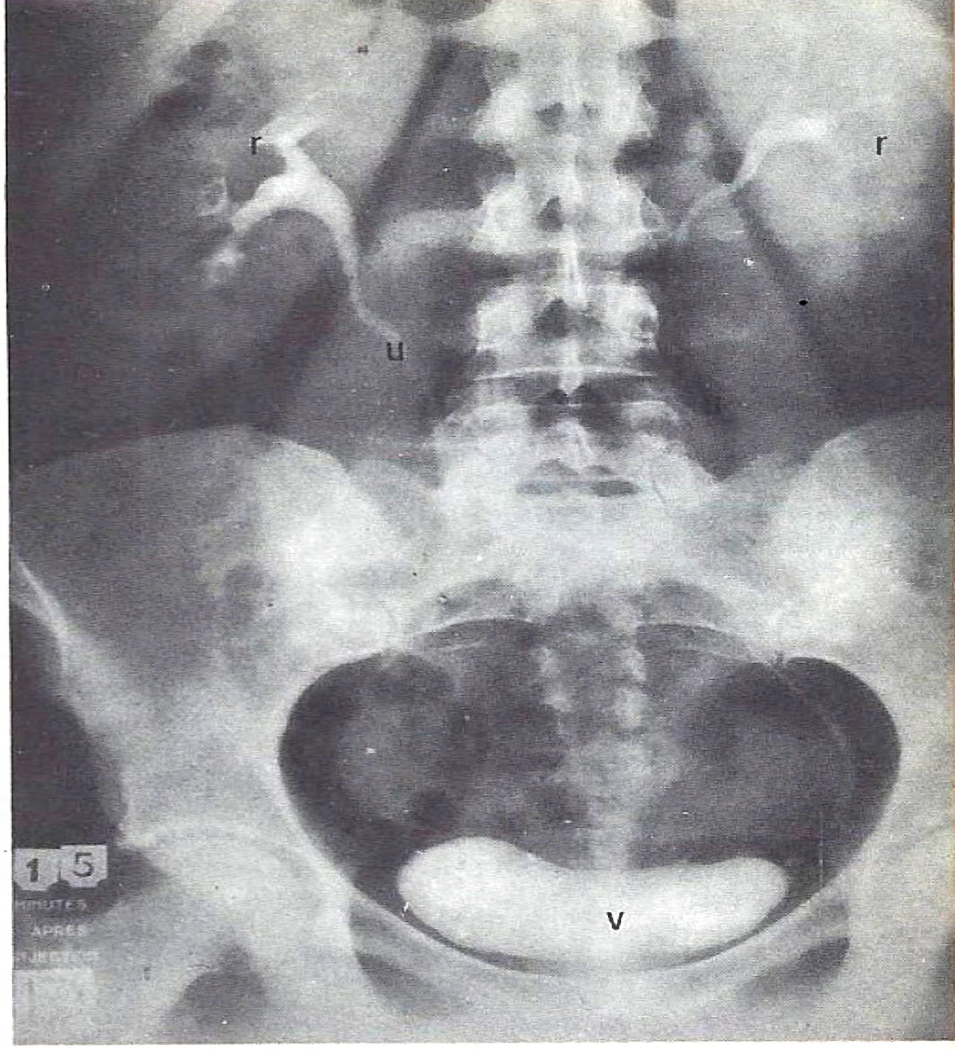
L'organisme tend à maintenir constante la composition du « milieu intérieur » en se débarrassant des déchets de la nutrition ; ainsi :
— les poumons éliminent le gaz carbonique ;
— le foie, les reins et la peau rejettent des liquides : la bile, l'urine, la sueur.

Le rejet de liquides contenant des déchets de la nutrition est l'excrétion. Les organes qui assurent ce rejet sont les organes excréteurs ; ce sont le foie, les deux reins et les glandes sudoripares situées dans la peau. Seuls les reins seront étudiés dans le présent chapitre.

A B l'appareil urinaire

A Sur l' « écorché », le rein droit est représenté sectionné en son milieu ; remarquez, dans ce rein, la cavité ou bassinet et l'uretère qui en part ; où vient-il déboucher ? Nommez les vaisseaux sanguins **a** et **c**.

B Après avoir fait une injection intraveineuse d'une substance opaque aux rayons X, on a pris une radiographie. Les reins éliminent la substance injectée dans le sang, ce qui permet de voir la forme des bassinets, le calibre des uretères **u** et la vessie **v**.

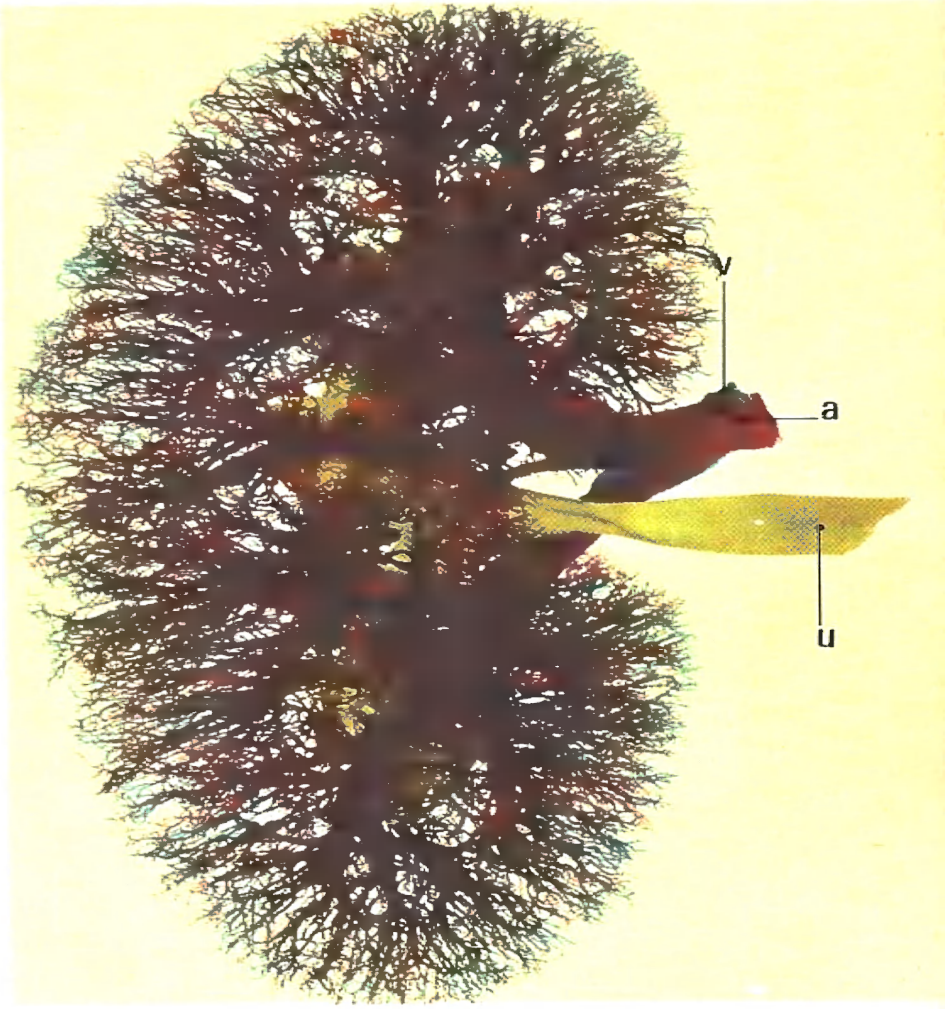


C rein de porc injecté

On met un rein de porc dans de l'eau chaude jusqu'à ce que tout l'organe soit à la même température que l'eau ; puis, à l'aide d'une seringue, on injecte de la gélatine fondue et colorée :

- en rouge dans l'artère rénale **a** ;
- en bleu dans la veine rénale **v** ;
- en jaune dans l'uretère **u** et le bassinet.

Quand la gélatine est refroidie et solidifiée, on détruit les tissus qui constituent le rein. Remarquez la riche irrigation du rein.



Observations

l'appareil urinaire de la souris

On a sectionné l'intestin de façon à dégager les vaisseaux sanguins. Quelle légende indiqueriez-vous ci-contre ?

observez un rein de porc

1 Sur le bord concave du rein, distinguez :
- l'uretère **r** ;
- l'artère rénale **p** et la veine rénale **q**.

2 Avec un rasoir, coupez le rein en long parallèlement à ses faces planes; sur une moitié C, observez :
- la membrane **h** qui entoure le rein ;
- la zone corticale **k**;
- la zone médullaire **m** qui est partagée en pyramides; entre elles, que voyez-vous ?
- le bassinet **n**.

Dessinez la coupe.

faites une analyse d'urine

D Quand vous versez du nitrate d'argent, que se forme-t-il ?

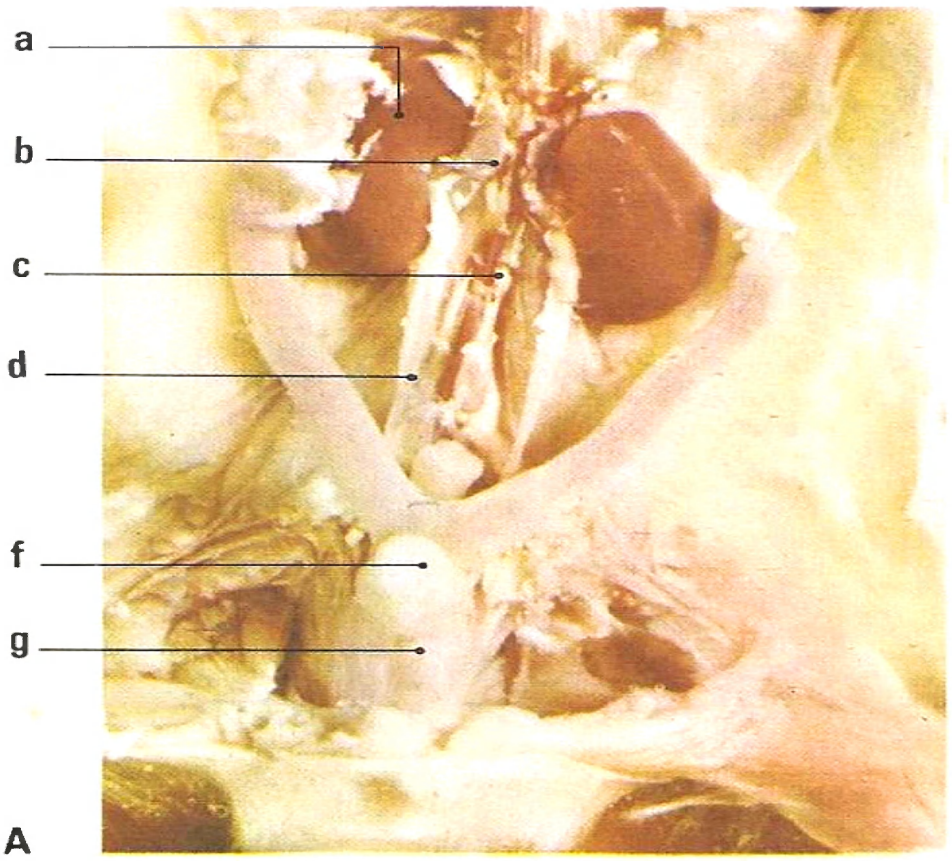
E Quand vous ajoutez de l'ammoniaque, que remarquez-vous? alors, qu'en concluez-vous ?

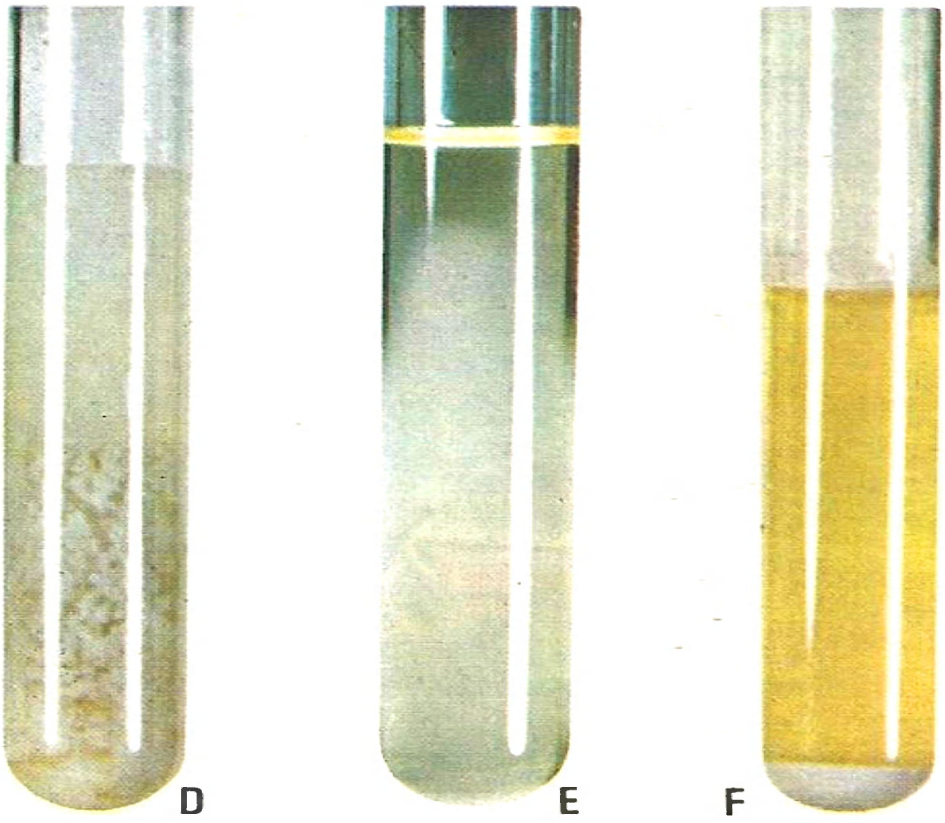
F Quand vous versez une solution de chlorure de baryum, que se produit-il ?

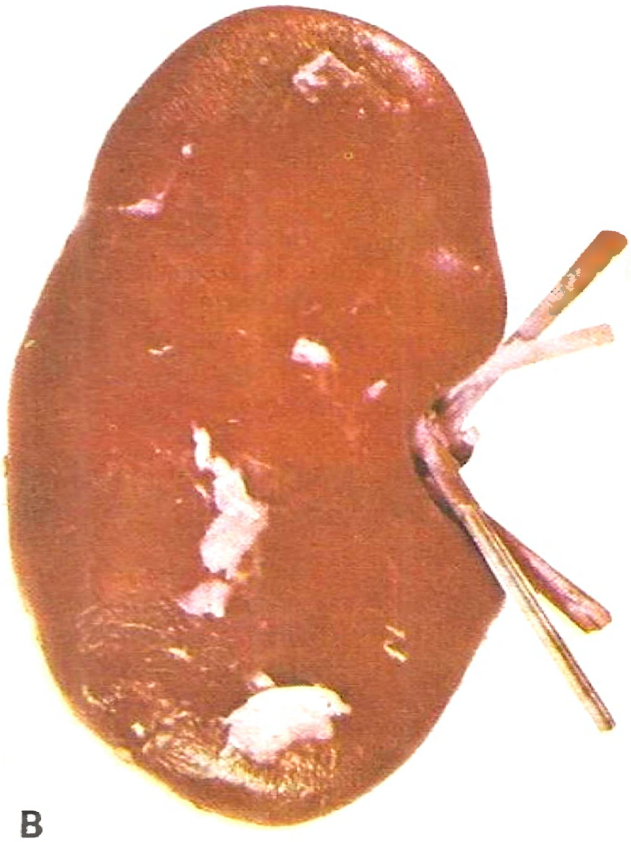
G Faites bouillir l'urine avec de la potasse : que se dégage-t-il ?

H Si l'urine réduit la liqueur de Fehling, qu'en concluez-vous ?

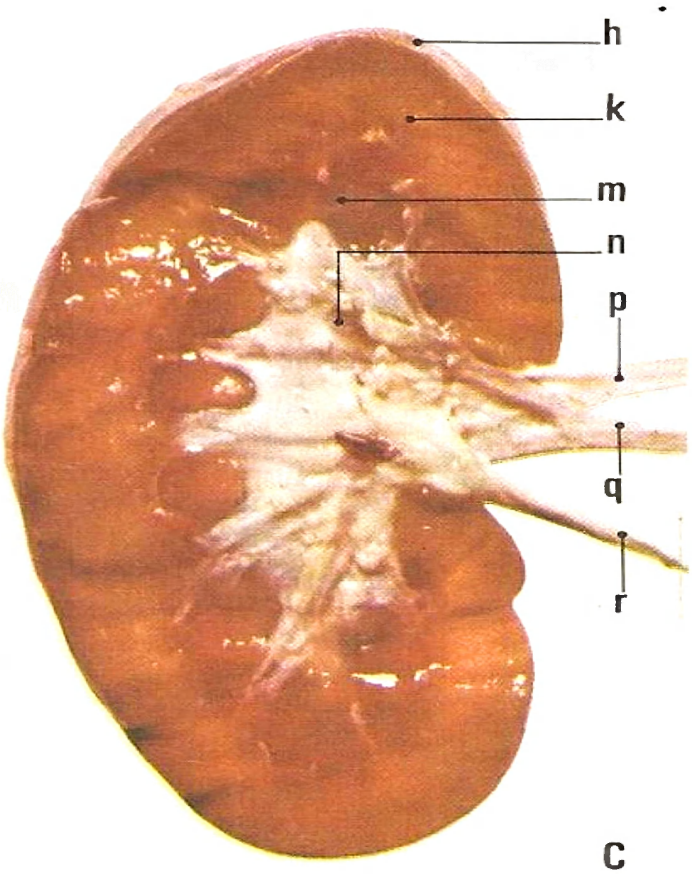
K Versez quelques gouttes d'acide acétique et faites bouillir : que remarquez-vous ?



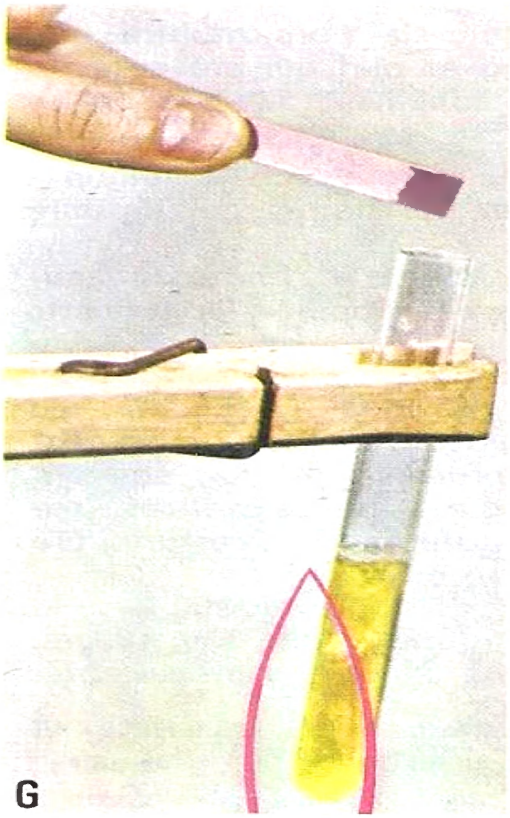




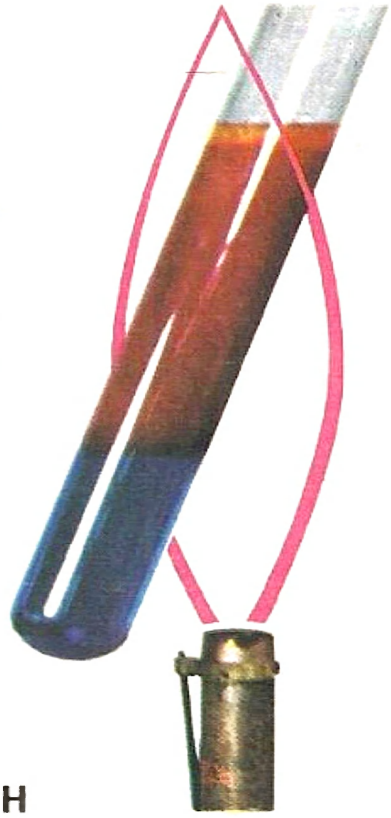
B



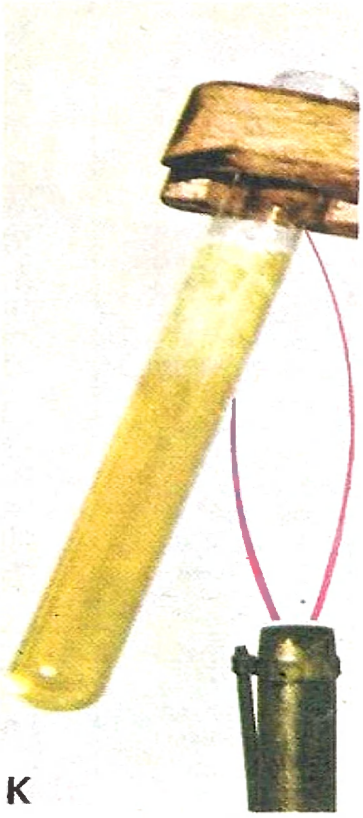
C



G



H



K

les reins et l'urine

L'appareil urinaire

ses diverses parties

La dissection d'un Mammifère (souris) ainsi que l'observation de l' « écorché » et de radiographies montrent que l'appareil urinaire **1** comprend :
Deux reins : ce sont deux masses brunâtres, en forme de haricot, situées dans la cavité abdominale, de part et d'autre de la colonne vertébrale. Dans la partie concave du rein on voit :
— une artère : l'artère rénale issue de l'aorte,
— une veine : la veine rénale qui se jette dans la veine cave inférieure,
— un tube, nommé uretère, où s'écoule l'urine ;
Deux uretères qui débouchent dans un réservoir, la vessie. C'est une poche contractile en relation avec l'extérieur par un seul canal, le canal urinaire.

L'appareil urinaire comprend deux reins, deux uretères qui débouchent dans la vessie, et un canal urinaire.

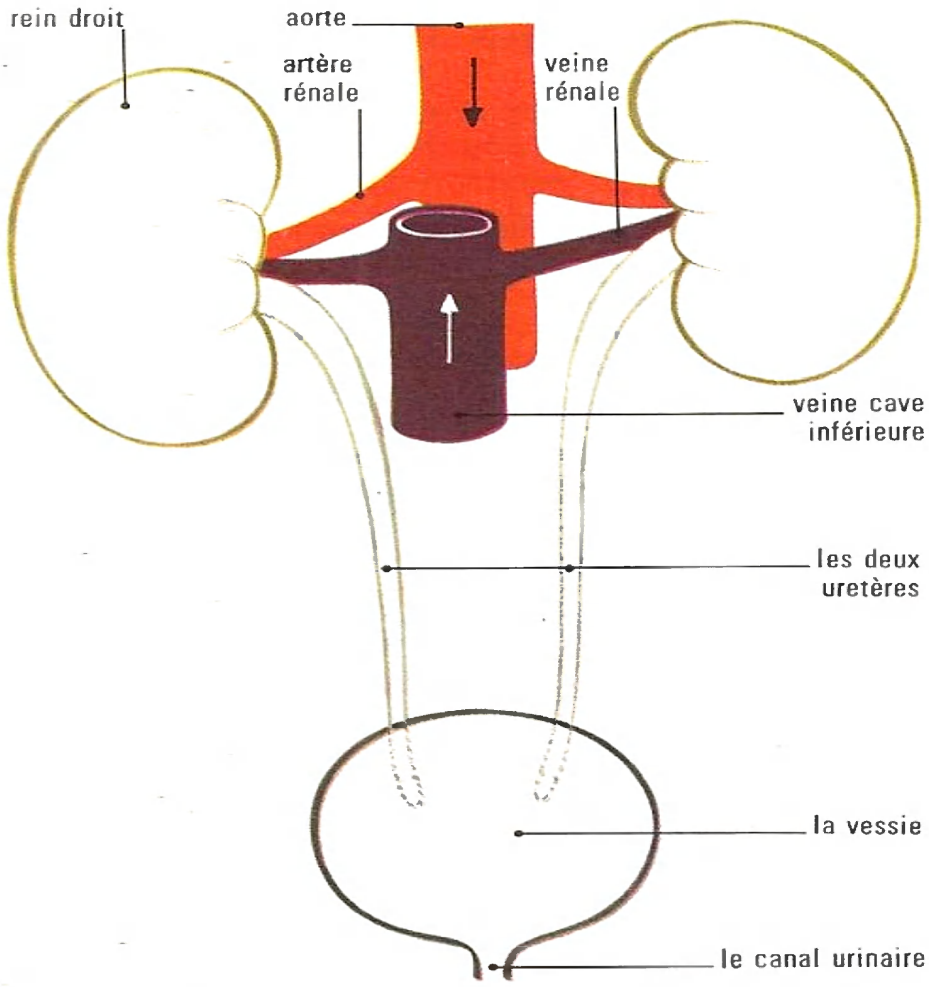
l'étude macroscopique d'un rein

Le rein de porc, appelé communément « rognon », est celui que l'on étudie parce que c'est le rein de Mammifère qui ressemble le plus au rein humain.

L'examen externe d'un rein de porc montre que le rein est un organe long et plat qui présente un bord convexe et un bord concave ; que voit-on au milieu du bord concave ?

Sur la coupe d'un rein de porc **2**, on distingue :
— une membrane fibreuse, résistante, qui entoure le rein et le protège ;
— une partie granuleuse, jaune et brune, constituant une sorte d'écorce et appelée pour cette raison zone corticale ;
— une partie striée, rougeâtre, nommée zone médullaire ; elle forme de 8 à 12 saillies ou pyramides. Le sommet de chacune d'elles est percé d'une vingtaine d'orifices ; on voit souvent une goutte d'urine perler à l'un des orifices, car chacun d'eux est l'ouverture d'un tube urinifère qui donne l'aspect strié à cette zone ;
— une sorte d'entonnoir, à bord irrégulier, le bassinet, où se rassemble l'urine ; elle s'écoule au fur et à mesure dans l'uretère situé du même côté.

Le rein est formé d'une zone corticale, granuleuse, et d'une zone médullaire, striée, découpée en 8 à 12 pyramides ; leur sommet se trouve dans une cavité du rein appelée bassinet.

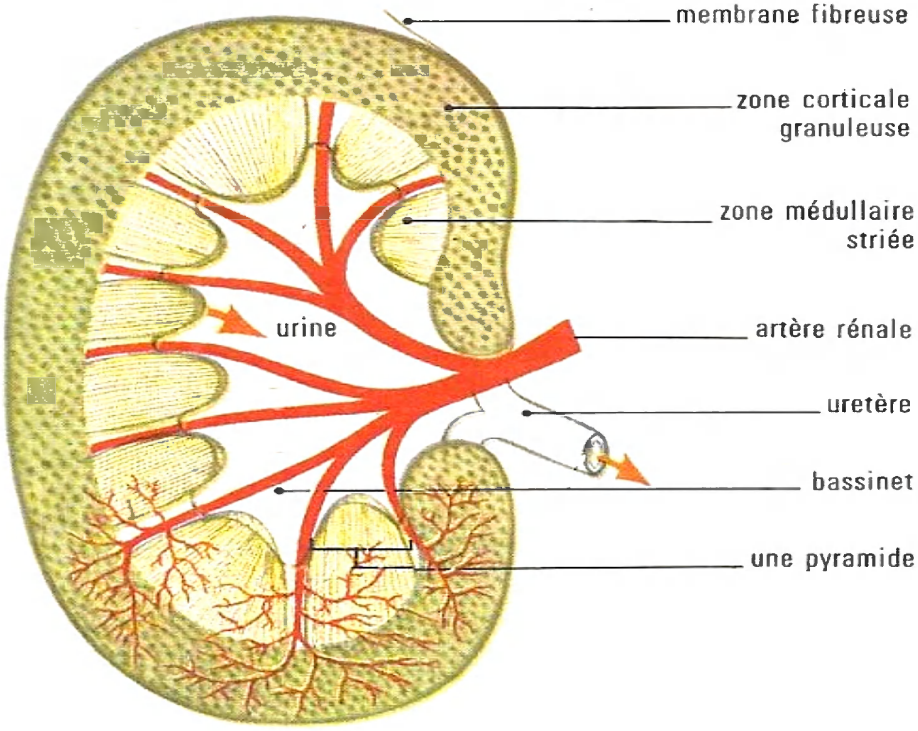


1 l'appareil urinaire humain

Quels sont les organes qui le constituent ? Remarquez que le rein gauche est un peu plus haut que le rein droit.

Quel est le vaisseau qui amène le sang au rein ? Quel est celui qui emmène le sang qui a traversé le rein ? Dans quoi ce vaisseau se déverse-t-il ?

Les uretères débouchent obliquement dans la vessie et sur la face inférieure ; par suite, lorsque la vessie se contracte, les orifices des uretères sont fermés et l'urine ne peut pas remonter dans les uretères vers les reins.



2 coupe en long d'un rein de porc

Dans la zone corticale, il y a des grains rougeâtres ; chacun d'eux est le début d'un tube sécrétant l'urine. On estime qu'il existe 2 millions de tubes sécréteurs par rein. L'artère rénale se subdivise en rameaux qui pénètrent entre les pyramides ; ces rameaux portent de nombreuses artérioles.

En 24 heures, il passe 1 500 litres de sang dans les reins qui rejettent 1,5 litre d'urine.

II Les constituants normaux de l'urine

sels minéraux

On caractérise des chlorures **3** A, c'est surtout du chlorure de sodium apporté par les aliments et des sulfates **3** B; il existe aussi des phosphates.

autres constituants

En chauffant de l'urine avec une solution de potasse, il se dégage un gaz qui pique les yeux et bleuit le tournesol **4** ; ce gaz est de l'ammoniac, riche en azote, ce qui prouve que l'urine contient une substance azotée : c'est l'urée. L'urine contient aussi de l'acide urique et des pigments jaunes.

L'urine contient des sels minéraux en solution (chlorure de sodium, sulfates, phosphates), des substances azotées dissoutes (urée, acide urique) et des pigments jaunes.

III Le rôle des reins

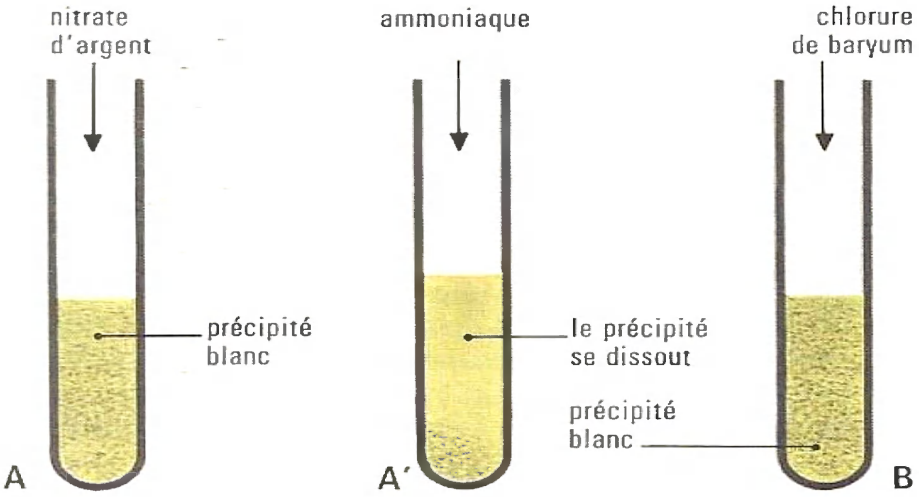
l'urine, liquide toxique

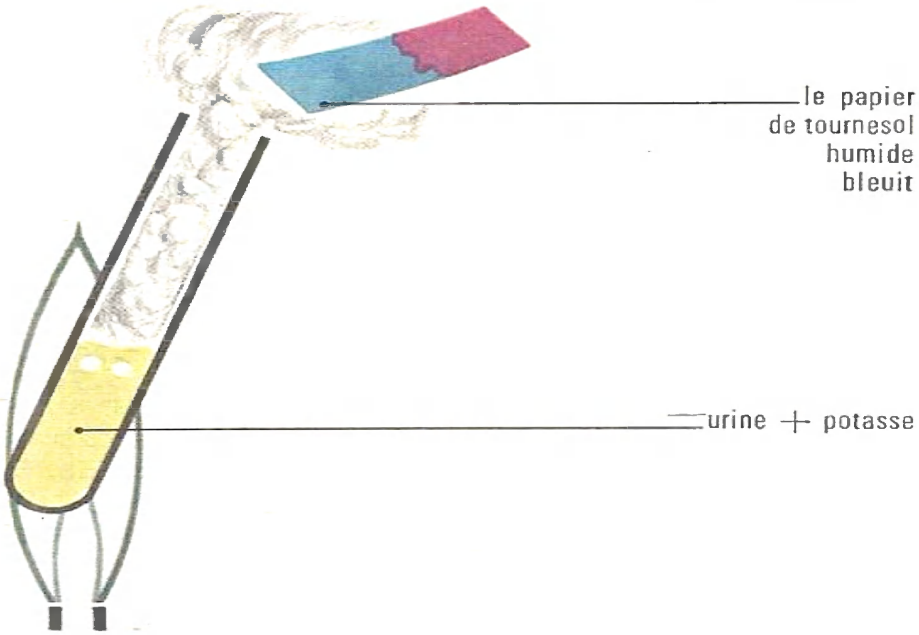
Lorsque les reins cessent de fonctionner, la mort survient au bout de deux ou trois jours.
Si l'on injecte dans une veine d'un animal (lapin, cobaye...) l'urine qu'il produit en 24 h, l'animal meurt rapidement ; ainsi l'urine est toxique.
Si l'on injecte séparément des solutions d'urée, d'acide urique, de sels dans les veines d'un animal, on constate que l'urée, l'acide urique, certains sels minéraux sont des substances toxiques.

fonctionnement des reins

Pour savoir ce qui se produit au niveau des reins et mettre en évidence le rôle des reins, comparons la composition de l'urine à celle du sang **5**.
Du fait que les principaux constituants de l'urine se trouvent dans le sang, on a comparé le rein à un filtre ; mais, lorsque les reins sont en bon état :
— ils s'opposent au passage de l'albumine du sang ;
— ils s'opposent au passage du glucose tant que la teneur du sang en glucose ne dépasse pas 1,7 ‰ ;
— ils ne laissent passer le sel que s'il est en excès dans le sang (plus de 5 g par litre de sang) ;
— ils extraient l'urée, l'acide urique, les sulfates existant dans le sang et tant que le sang en renferme, de sorte que ces déchets de la nutrition sont toujours fortement concentrés dans l'urine **5**.

Les reins sont des organes qui assurent deux fonctions :
- ils maintiennent constante la composition du sang puisqu'ils rejettent l'excédent d'eau, de sel et de glucose du sang ;
- ils effectuent l'épuration du sang puisqu'ils extraient les déchets de la nutrition (urée, acide urique, sulfates...).





principaux constituants	sang	urine	remarques sur l'urine
eau	+	+	la quantité d'urine par 24 h varie selon l'apport des boissons, fruits...
chlorure de sodium, sulfates, phosphates	+	+	la teneur en sels minéraux varie suivant l'alimentation ; en cas de diète, l'urine n'est plus salée
glucose	+	—	pas de glucose — dans l'urine normale
albumine	+	—	pas d'albumine — dans l'urine normale
urée	+	+	40 à 100 fois plus que dans le sang
acide urique	+	+	10 à 12 fois plus que dans le sang

3 mise en évidence des sels minéraux

A Que fait-on pour mettre en évidence les chlorures en solution dans l'urine ?

B Le chlorure de baryum est le réactif des sulfates en solution, car il donne un précipité blanc, très dense.

4 mise en évidence de l'urée

Qu'a-t-on ajouté à l'urine avant de la porter à l'ébullition ?

A quoi reconnaissez-vous que du gaz ammoniac se dégage ?

Pourquoi en concluez-vous que l'urine renferme une substance azotée ? Dites laquelle.

5 comparaison de l'urine et du sang

Quels sont les constituants normaux du plasma sanguin ? et ceux de l'urine ? Alors, qu'en concluez-vous ?

Quels sont les constituants de l'urine qui sont plus concentrés que dans le sang ?

Les pigments jaunes de l'urine existent dans le sang et sont extraits par les reins.

constituants anormaux de l'urine

Le glucose : on le met en évidence par son action sur la liqueur de Fehling **6** B. L'existence de glucose dans l'urine est le diabète ; cette maladie n'est pas due à un mauvais fonctionnement des reins : ils rejettent l'excès de glucose du sang.

L'albumine : elle se coagule quand on chauffe l'urine avec de l'acide acétique **7** B. La présence d'albumine dans l'urine est l'albuminurie ; c'est une maladie due à des lésions des tubes urinifères. L'albuminurie peut être passagère au cours de certaines maladies : scarlatine, angine, grippe... ; elle est durable, lorsqu'il y a intoxication de l'organisme, en particulier par l'alcool (alcoolisme).

Des cristaux d'acide urique, de phosphates... forment parfois des amas, ou calculs, dans le bassinet ; ils peuvent causer des coliques néphrétiques.

Les constituants anormaux de l'urine sont le glucose, l'albumine et des cristaux qui forment des calculs dans les reins.

IV Le mauvais fonctionnement des reins

comment il se manifeste

Quand le chlorure de sodium en excédent dans le sang n'est pas éliminé, il s'infiltre dans les tissus et y retient l'eau de sorte que les tissus sont gonflés ; cette enflure est l'œdème.

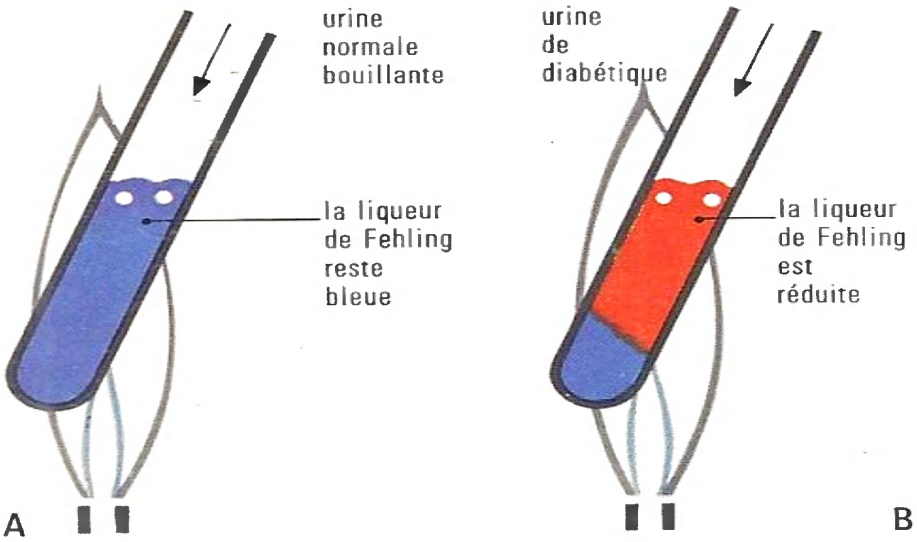
Quand l'urée s'accumule dans le sang, par suite d'une inflammation des reins (néphrite), il se produit des troubles respiratoires ressemblant à l'asthme et des troubles nerveux : ils caractérisent l'urémie, maladie souvent mortelle.

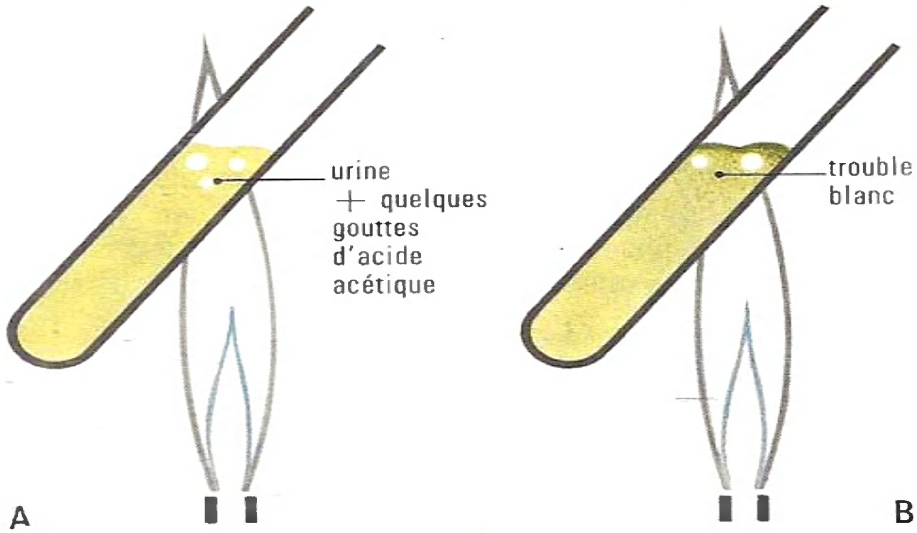
Quand l'acide urique est mal éliminé, il forme des dépôts dans les articulations **8** : c'est là goutte.

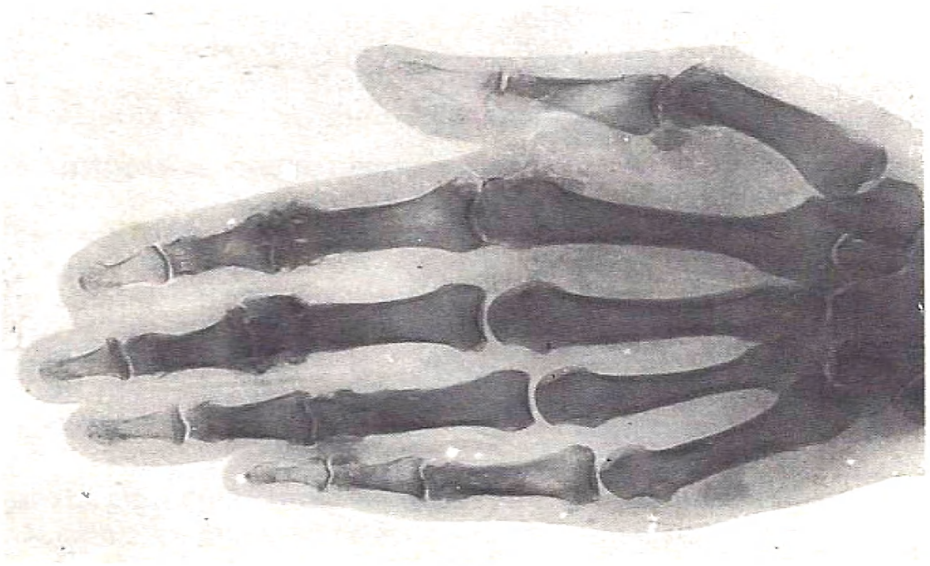
Un mauvais fonctionnement des reins conduit à une intoxication et à de graves maladies : œdème, urémie, goutte.

comment on l'évite

Il faut suivre des préceptes d'hygiène alimentaire :
— ne pas consommer d'aliments avariés (gibier faisandé, crustacés non frais), car les poisons qu'ils contiennent peuvent causer des lésions rénales ;
— ne pas avoir une alimentation trop carnée ni trop riche en abats (« rognons », foie, cervelle), car la quantité de déchets azotés augmente dans le sang, d'où une fatigue des reins et le dépôt d'acide urique dans certaines articulations (goutte) ;
— bannir les liqueurs et les eaux-de-vie, car la consommation habituelle d'alcool peut causer une inflammation des reins, c'est-à-dire une néphrite.







6 recherche du glucose dans l'urine

Pourquoi utilise-t-on de la liqueur de Fehling ? Qu'en conclut-on lorsque sa couleur change à l'ébullition ? L'urine normale réduit-elle la liqueur de Fehling bouillante ?

Comment appelle-t-on la maladie dans laquelle du glucose se trouve dans l'urine ?

7 recherche de l'albumine dans l'urine

On ajoute quelques gouttes d'acide acétique à l'urine et on chauffe la partie supérieure du liquide; pourquoi opère-t-on ainsi ?

A Si aucun trouble n'apparaît dans le liquide, l'urine ne contient pas d'albumine.
B Le trouble blanc indique la présence d'albumine dans l'urine.

8 radiographie d'une main de goutteux

Remarquez les dépôts au niveau des jointures; il en résulte de très vives douleurs.

Au cours de la guerre 1939-1945, la goutte a beaucoup régressé :
- il n'y avait plus de régimes trop carnés et la consommation d'alcool avait diminué ;
- la raréfaction des moyens de transport avait mis fin, pour certains, à la sédentarité.

Conclusion

rôle de nos organes

I Les diverses fonctions

fonctions de relation

L'appareil nerveux, appelé aussi système nerveux, et l'appareil moteur (squelette et muscles) nous mettent en relation avec le milieu extérieur.

fonctions de nutrition

La digestion et l'absorption intestinale fournissent à l'organisme des substances nutritives ; celles-ci sont transportées par le sang (page 155) dans nos cellules qui les utilisent :
— soit pour entretenir les combustions respiratoires grâce à l'oxygène apporté par la respiration ;
— soit pour assurer la réparation des tissus et, chez les jeunes, la croissance de l'organisme.
Les déchets de la nutrition (citez-en) sont éliminés par les organes excréteurs : c'est l'excrétion.

- L'appareil nerveux et l'appareil moteur, qui nous mettent en relation avec l'extérieur, assurent les fonctions de relation.
- Digestion et absorption intestinale, circulation, respiration et excrétion sont les fonctions de nutrition qui assurent l'entretien de nos tissus et, chez les jeunes, la croissance.

II Nos organes sont solidaires

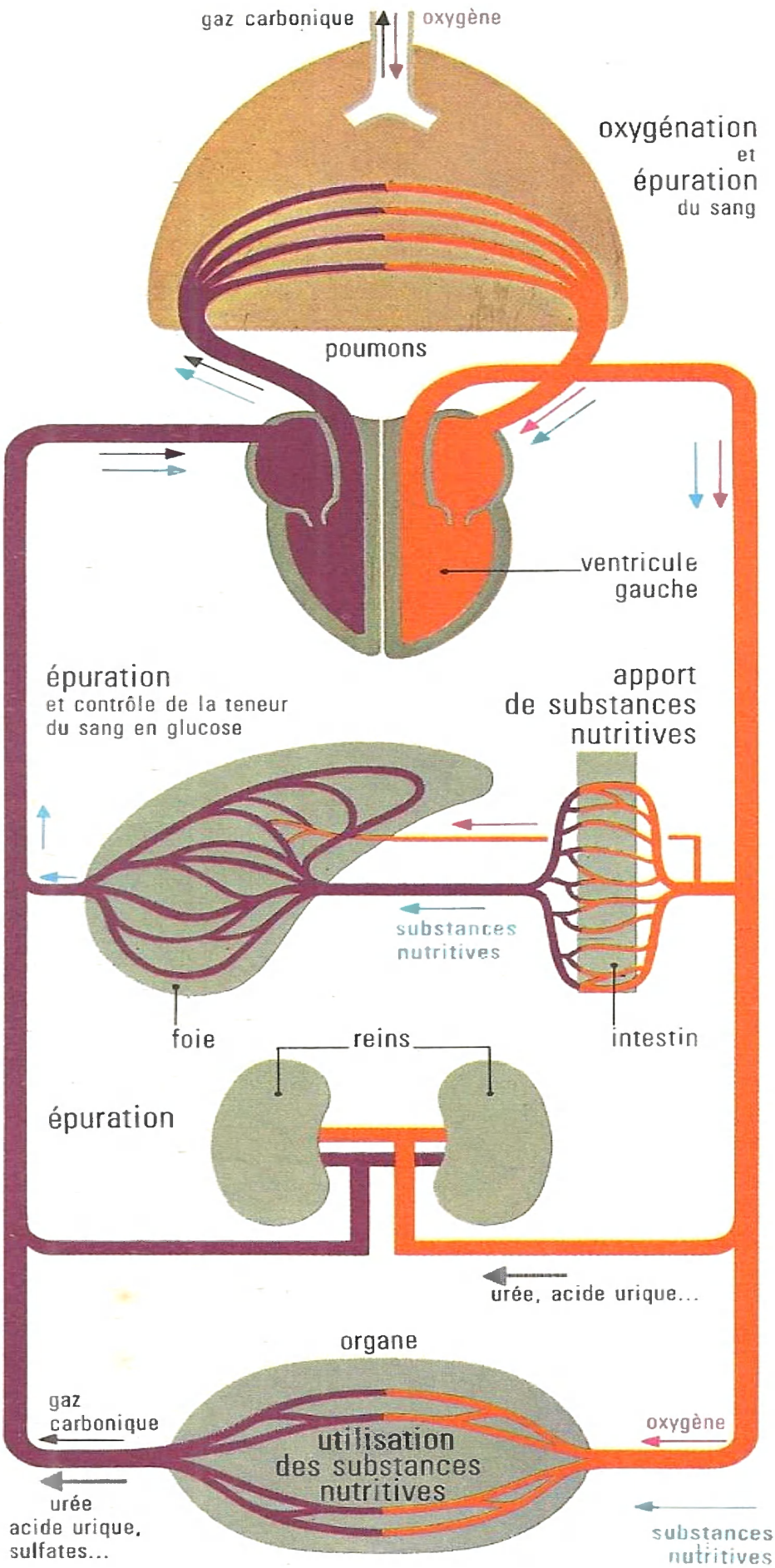
teneur du sang en glucose

Quand on analyse le sang de la veine porte quelques heures après un repas riche en glucides, on remarque que le sang contient près de 4 °/₀₀ de glucose. Or, au même moment, à la sortie du foie, le sang renferme 1 °/₀₀ de glucose. Il en est de même à jeun, quand le sang de la veine porte ne contient pas de glucose; ainsi le foie retient l'excès de glucose apporté par l'alimentation, puis déverse du glucose dans le sang au fur et à mesure de nos besoins.

comment s'effectue la régulation

Le taux de glucose du sang est maintenu constant :
— d'une part, grâce à l'action d'hormones, c'est-à-dire de substances sécrétées par des glandes et déversées dans le sang qui les transporte au foie ;
— d'autre part, par l'intermédiaire de certains nerfs qui relient le bulbe rachidien au foie ; en effet, quand on pique le bulbe d'un chien ou d'un lapin anesthésié, on peut caractériser du glucose dans l'urine mais seulement pendant 5 ou 6 heures.

La teneur du sang en glucose est maintenue constante par le foie sur lequel agissent des hormones et le système nerveux.



le rôle du sang dans la nutrition

Ci-contre, recherchez :
— le sens de la circulation du sang;
— le nom des vaisseaux sanguins qui « partent » du cœur ou qui « arrivent » au cœur.

Étudiez les principales modifications subies par le sang :

- Dans les poumons : en comparant la composition du sang de l'artère pulmonaire à celui d'une veine pulmonaire (page 139, **2**), montrez ce qui se produit dans les alvéoles.
- Au niveau de l'intestin : quelles sont les substances nutritives qui passent directement dans le sang et celles qui empruntent la voie lymphatique ?
- Au niveau du foie :
  — comment le taux de glucose du sang est-il maintenu constant ?
  — les acides aminés non utilisés par l'organisme sont transformés en urée qui se dissout dans le sang; quels sont les organes qui l'extraient du sang ?
  — le foie épure le sang puisqu'il rejette certaines substances toxiques dans la bile.
- Au niveau des reins : en comparant la composition de l'urine à celle du sang, montrez que les reins ne sont pas de simples filtres.
- Au niveau des cellules de nos organes :
  — qu'abandonne le sang aux tissus et de quoi se charge-t-il ?
  — à quoi servent les substances nutritives apportées aux cellules?

hygiène

La découverte d'une avitaminose

une maladie énigmatique

Au XIXe siècle, en Extrême-Orient, le béribéri faisait des ravages parmi les populations. Cette maladie commence par une faiblesse des membres inférieurs et de l'essoufflement ; ensuite, la maladie peut prendre soit la forme œdémateuse **1** A, soit la forme paralytique **1** B. Du fait que certains nerfs paraissaient lésés, on disait que :

Le béribéri est une polynévrite, c'est-à-dire une affection atteignant plusieurs nerfs; mais sa cause était inconnue.

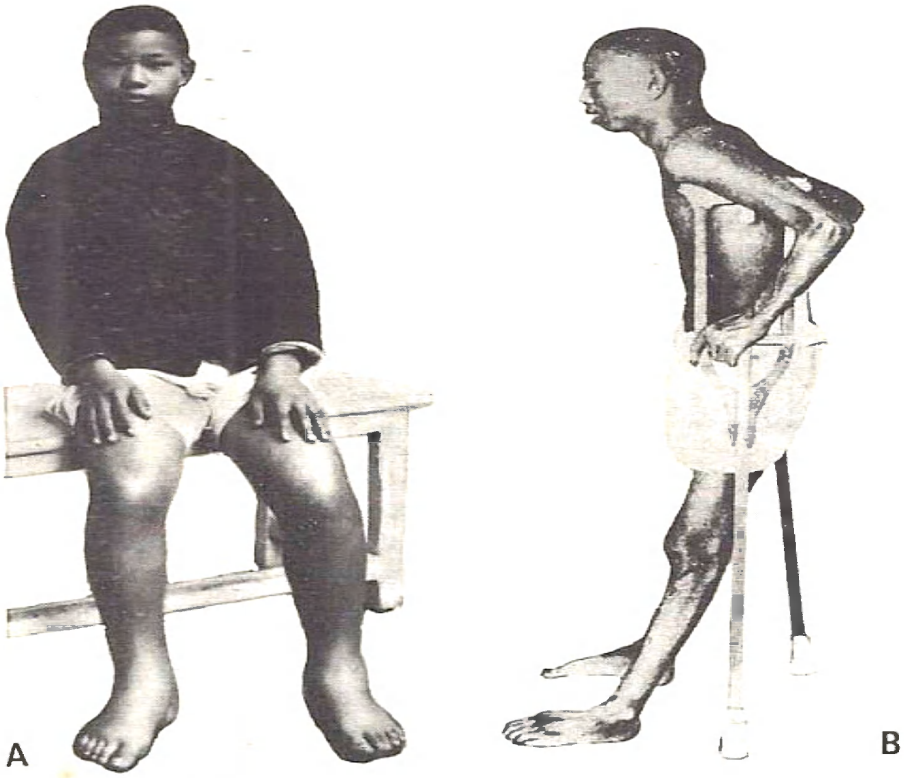
observations de Takaki

Vers 1880, un médecin japonais, Takaki, remarqua que les marins européens n'étaient pas affectés, contrairement aux marins nippons, par le béribéri. Il eut l'idée de donner aux marins nippons de la viande et des légumes ; les marins guérirent et il en conclut que c'était une maladie d'origine alimentaire ; mais sa découverte passa inaperçue.

observations et expériences d'Eijkman

Vers 1890, un médecin hollandais, Eijkman, soignait les béribériques d'un pénitencier de Java. Or, il remarqua que les volailles de la prison présentaient des paralysies des pattes et du cou **2** : cette maladie était donc aussi une polynévrite.
Comme les prisonniers et les volailles mangeaient le même aliment, du riz poli **3** B, Eijkman pensa que le béribéri et la polynévrite des volailles pouvaient avoir une cause alimentaire. Afin de le vérifier, il répartit des poules encore légèrement atteintes en trois lots :
— au 1er lot, il continua à donner du riz poli;
— au 2e lot, il ajouta du son de riz au riz poli;
— au 3e lot, il donna du riz non décortiqué.
Les poules des 2e et 3e lots guérirent, alors que celles du 1er lot, qui présentaient toujours les mêmes troubles nerveux, ne tardèrent pas à mourir.
En ajoutant du son de riz à l'alimentation des hommes atteints de béribéri, il obtint une nette amélioration de leur état ou même leur guérison.
En poursuivant ses observations pendant dix ans, Eijkman put énoncer la conclusion suivante :

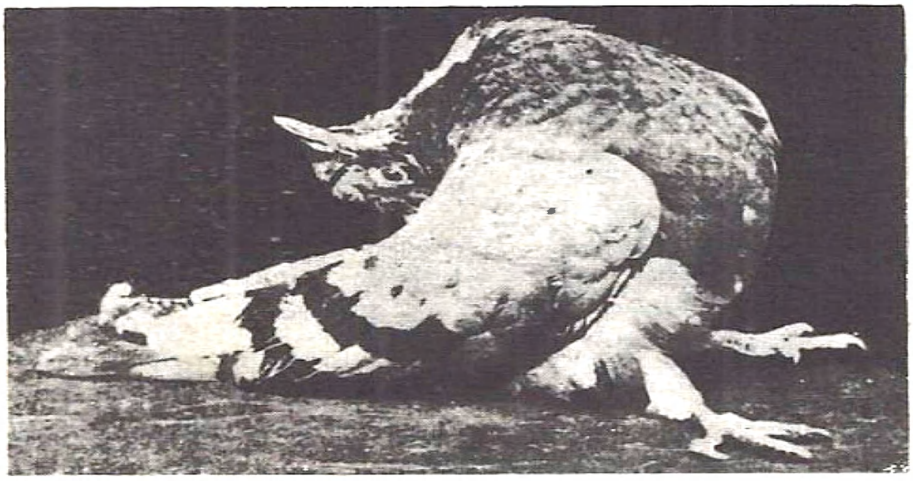
Dans le son de riz, il existe une substance indispensable à la vie; son absence dans l'alimentation humaine est la cause du béribéri : c'est une maladie par absence d'une substance alimentaire; on dit, aujourd'hui, une maladie par carence.



1 les deux formes de béribéri

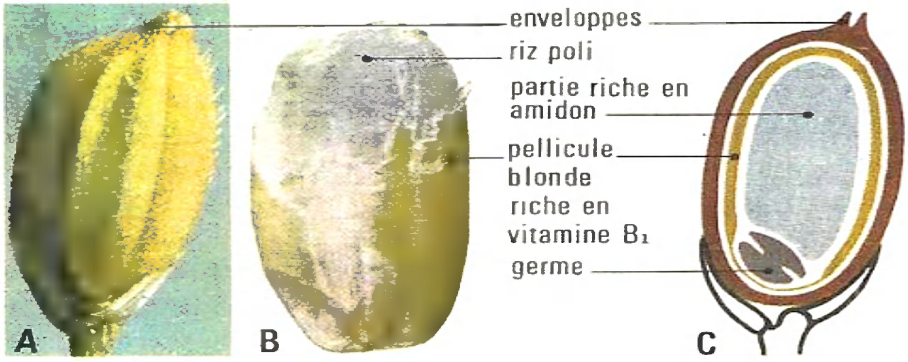
A Forme œdémateuse. L'eau reste dans les tissus surtout des membres inférieurs : c'est de l'œdème ; il en résulte que les urines sont peu abondantes. Le malade a des troubles cardiaques ; il peut mourir subitement.

B Forme paralytique. Des groupes de muscles, surtout des membres inférieurs, sont paralysés ; d'où le nom de polynévrite (du grec : polus, plusieurs, et neuron, nerf) qu'on a donné à cette forme de béribéri.



2 pigeon atteint de polynévrite

Cela se produit quand l'oiseau est soumis à un régime qui ne comporte que du riz poli. Remarquez la paralysie des pattes et des muscles du cou qui provoque le renversement de la tête en arrière. Après la mort de l'oiseau, la dissection montre que de nombreux nerfs sont lésés.



3 un grain de riz

A Grain de riz entier.
B Grain décortiqué et poli en partie : on a enlevé les enveloppes du grain, puis gratté une partie de la pellicule blonde (le son) recouvrant le grain.
C Coupe en long d'un grain de riz entier.

extraction de la substance

En 1911, un chimiste allemand réussit à extraire du son de riz une substance permettant de lutter contre le béribéri. En utilisant 50 kg de son de riz, il n'obtint que quelques centigrammes de cette substance qu'il appela vitamine. Depuis, on l'a appelée vitamine B_1 ou vitamine antibéribérique.

Le béribéri est une avitaminose, c'est-à-dire une maladie causée par l'absence d'une vitamine dans l'alimentation.

II Les principales vitamines

On a découvert de nombreuses vitamines ; les unes solubles dans les lipides (vitamines liposolubles), les autres solubles dans l'eau (vitamines hydrosolubles). L'absence d'une seule vitamine dans notre alimentation se traduit par des troubles qui caractérisent l'avitaminose correspondante **4**.

vitamines liposolubles

La vitamine A, qui existe dans le lait, le beurre, l'huile de foie de morue ou de flétan, permet la croissance et évite la destruction de la cornée **5**.

L'absence de vitamine D est responsable, en partie, des troubles du rachitisme, c'est-à-dire de la mauvaise fixation des sels de calcium par les os, de sorte que les os se déforment (page 179, **1**). La vitamine D existe dans le lait, le beurre, le jaune d'œuf, l'huile de foie de morue ou de flétan. Les rayons ultraviolets de la lumière solaire ou d'une source artificielle permettent la formation de cette vitamine dans la peau ; elle est ensuite répartie par le sang dans tout l'organisme.

vitamines hydrosolubles

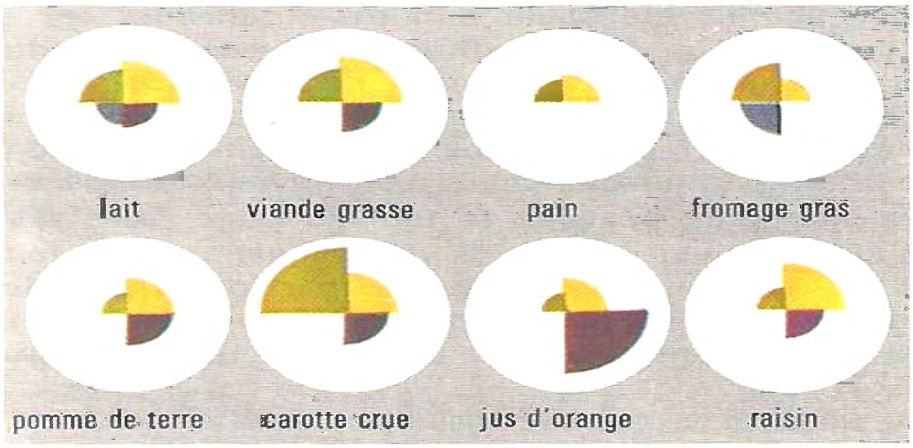
La vitamine B_1, ou vitamine antibéribérique, existe dans la levure de bière, les viandes, le raisin...

La vitamine B_2, que l'on trouve dans le lait, les œufs, le foie de bœuf..., est indispensable à la croissance et à l'utilisation des glucides.

L'absence de vitamine C est responsable d'une maladie, le scorbut, qui frappait les marins ne consommant que des aliments conservés (viandes salées ou fumées, légumes secs...). Le scorbut se traduisait par des hémorragies, le déchaussement des dents... Ces troubles disparaissaient en consommant des fruits (oranges, citrons, tomates).

On appelle vitamines les substances qui, à doses journalières très faibles (de 1/100 de mg à 75 mg), évitent certaines maladies ainsi que les troubles de la croissance.

noms et solubilité	l'avitaminose est caractérisée par :	sources alimentaires
vitamines liposolubles		
vitamine A	troubles de croissance destruction de la cornée	lait et beurre, huile de foie de morue ou de flétan
vitamine D	rachitisme	idem
vitamines hydrosolubles		
vitamine B_1	troubles nerveux du béri-béri	levure de bière, son des céréales, viande
vitamine B_2	arrêt de la croissance mauvaise utilisation des glucides	lait, œuf, foie, levure de bière, épinards
vitamine C	hémorragies, dents déchaussées (scorbut)	orange, citron, tomate, salades...



4 principales vitamines

Justifiez les adjectifs employés pour caractériser les deux groupes de vitamines.

A quoi reconnaît-on chacune des avitaminoses ? Quels aliments choisiriez-vous afin d'y remédier ?

5 avitaminose A

La photographie ci-contre montre une avitaminose importante, très rare de nos jours. Les paupières sont gonflées, la conjonctive et la cornée se dessèchent peu à peu parce que les larmes ne sont plus sécrétées.

Mais il existe des avitaminoses moins importantes qui se traduisent surtout par la sécheresse de la peau et une mauvaise visibilité à la pénombre.

6 teneur de nos aliments

Citez les aliments les plus riches en vitamine A. En réalité, la carotte ne contient pas de vitamine A, mais une substance qui se transforme ensuite en vitamine A dans notre organisme.

vitamines :

A | B_1 | C | D

III L'alimentation doit être variée, équilibrée

besoins en aliments plastiques

Les aliments plastiques sont ceux qui fournissent au sang, une fois la digestion achevée, des matériaux qui servent à édifier de la « matière vivante » permettant la réparation des tissus, c'est-à-dire l'entretien de l'organisme, ou assurant la croissance. Les aliments plastiques comprennent :

Les sels minéraux (chlorures, phosphates, carbonates...) qui apportent à l'organisme :
— le calcium et le phosphore nécessaires à une bonne minéralisation des os et des dents ;
— l'iode utile au fonctionnement de la thyroïde;
— le fer indispensable à la formation de l'hémoglobine; l'absence de fer provoque de l'anémie.

Les protides qui, au cours de la digestion, sont transformés en acides aminés. Mais tous les protides ne contiennent pas les mêmes acides aminés ; or, certains acides aminés sont indispensables à l'organisme **7**. Afin d'apporter à l'organisme tous les acides aminés dont il a besoin, l'alimentation doit comporter, à la fois, des protides d'origine animale et d'autres d'origine végétale (page 81).

Sels minéraux et protides sont des aliments plastiques :
- **toute insuffisance prolongée en sels minéraux provoque des troubles dits troubles fonctionnels;**
- **afin d'apporter à l'organisme tous les acides aminés dont il a besoin, il faut consommer des protides d'origine variée.**

besoins en aliments énergétiques

Dans nos muscles, certaines substances nutritives (glucose, corps gras) apportées par le sang subissent des combustions respiratoires qui libèrent de l'énergie sous forme de travail et de chaleur ; aussi :

Les glucides, qui fournissent du glucose au cours de la digestion, et les lipides sont des aliments énergétiques.

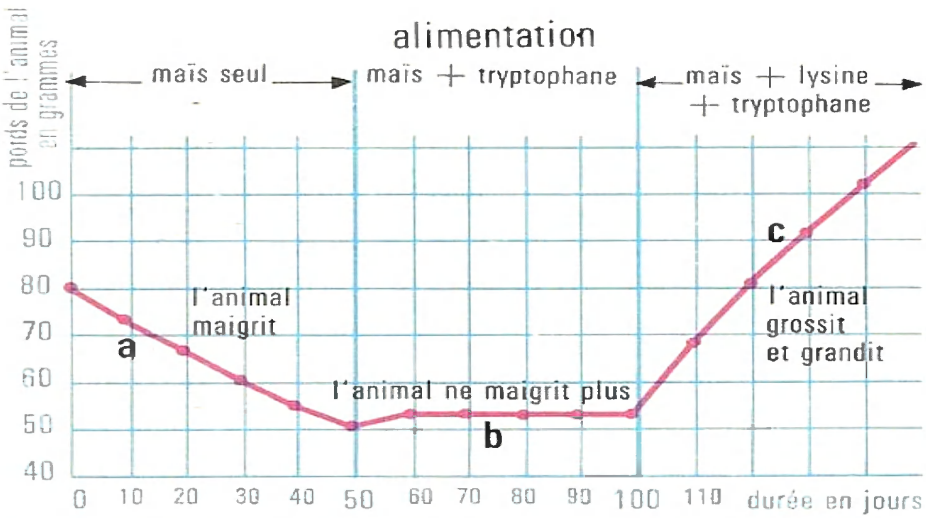
besoins en aliments fonctionnels

L'eau est indispensable à notre organisme, car :
— l'eau est l'un des constituants de nos tissus, du sang, de la lymphe, de l'urine, de la sueur... ;
— en s'évaporant à la surface de la peau, l'eau refroidit la surface du corps, ce qui évite l'élévation de la température au cours d'un travail musculaire.

Les vitamines (revoyez le tableau page 161, **4**).

La cellulose est un glucide non digestible ; du fait de son volume, elle facilite le fonctionnement de l'intestin. On appelle aliments encombrants ceux qui contiennent une forte proportion de cellulose.

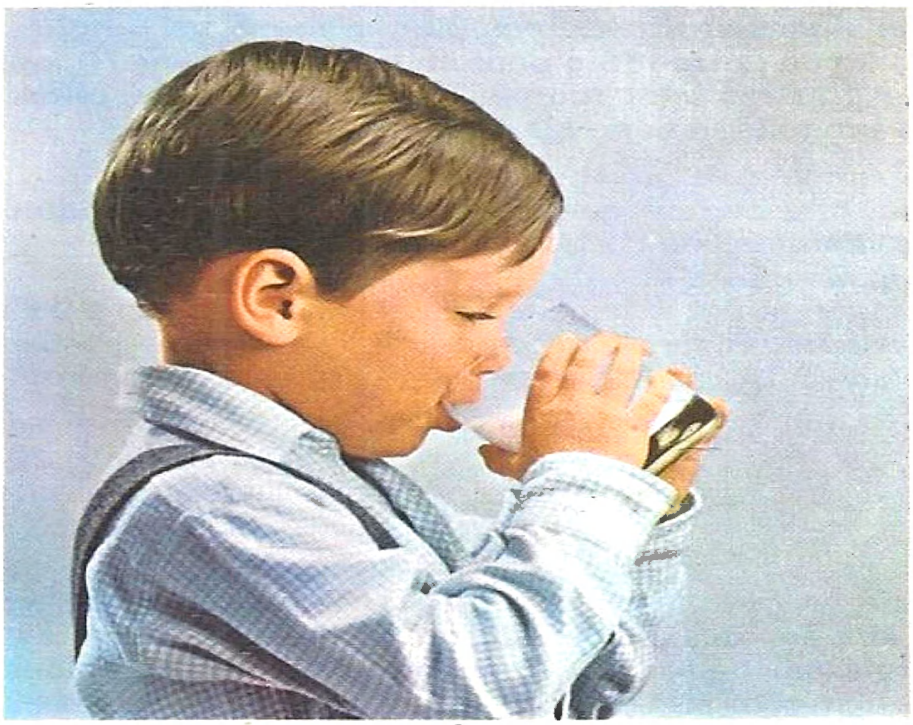
Eau, vitamines et cellulose sont des aliments fonctionnels.



7 courbe de poids d'un jeune rat

Comment le nourrit-on pendant chacune des périodes de 50 jours ? Que devient son poids?

Pourquoi dit-on que :
- le tryptophane est un acide aminé nécessaire à l'entretien de l'organisme ?
- la lysine est un acide aminé indispensable à la croissance ?



8 l'enfant doit boire du lait

- La caséine du lait apporte à l'enfant tous les acides aminés nécessaires à sa croissance.
- Les sels minéraux du lait lui apportent le calcium et le phosphore nécessaires à la constitution de ses os et de ses dents.
- Le lait contient des vitamines : lesquelles? Quel est leur rôle ?

	ration		
	protides	lipides	glucides
adolescent :			
12 ans (poids : 30 kg)	80 g	90 g	270 g
16 ans (54 kg)	100 g	110 g	350 g
adulte :			
activité moyenne	85 g	70 g	375 g
travailleur de force	180 g	120 g	800 g

9 quelques rations

Pourquoi la ration de l'adolescent de 16 ans est-elle plus riche en protides que celle de l'adulte ayant une activité moyenne ?

Justifiez la ration du travailleur de force (mineur, bûcheron, travailleur agricole).

comment équilibrer une ration

Une ration alimentaire est la quantité d'aliments qu'un individu doit absorber, chaque jour, pour rester en bonne santé. Une ration est équilibrée lorsqu'elle satisfait aux conditions suivantes :

La ration doit fournir assez d'énergie à l'organisme ; c'est pourquoi la ration doit contenir :
— suffisamment d'aliments riches en glucides : ce sont les meilleurs combustibles du corps humain ;
— des lipides : à poids égal, ils donnent deux fois plus d'énergie que les glucides ; c'est pourquoi les lipides sont plus abondants dans la ration d'un travailleur de force **9** ; ils sont difficiles à digérer.

La ration doit compenser les pertes de matière de l'organisme : eau (2 500 g), sels minéraux (30 g), azote (15 g). Pour compenser les pertes d'azote provenant de l'usure des tissus, la ration de l'adulte doit apporter un peu plus d'un gramme de protides par kg de poids (85 g pour un homme pesant 70 kg). Les protides sont fournis par la viande, les œufs, les produits laitiers **10** A, le pain, les pâtes...

La ration doit subvenir aux besoins en vitamines; pour être certain que l'alimentation apporte toutes les vitamines dont nous avons besoin, il faut :
— avoir une alimentation variée ;
— consommer à l'un des repas des crudités **10** B, car la vitamine C est détruite, en grande partie, par la cuisson des aliments ou leur conservation.

La ration doit contenir des aliments encombrants.

Enfin, il doit exister des proportions définies entre certains constituants d'une ration alimentaire :
— la moitié des protides doit être d'origine animale (viande, poisson, œuf, lait, fromages), le reste est fourni par le pain, les légumes secs, les pâtes;
— le tiers des lipides doit être d'origine animale (graisses, beurre), le reste sous forme de lipides d'origine végétale (huiles, graines oléagineuses) ;
— les quantités de calcium et de phosphore doivent être dans le rapport 7/10 pour l'adulte.

Une ration alimentaire doit fournir assez d'énergie, compenser les pertes de matière, subvenir aux besoins en acides aminés et en vitamines, contenir suffisamment d'aliments encombrants. Lorsque tous les constituants sont dans des proportions convenables, on dit que la ration est équilibrée.

comment constituer nos menus

Nos menus doivent satisfaire aux divers besoins de l'organisme et, par suite, comprendre : des aliments plastiques (citez-en), des aliments énergétiques (citez-en) et des aliments fonctionnels ; c'est pourquoi les 6 groupes d'aliments doivent y figurer.

10 les groupes d'aliments

On classe les aliments en 6 groupes (p. 80) : à quel groupe appartiennent les aliments photographiés p. 81 ?

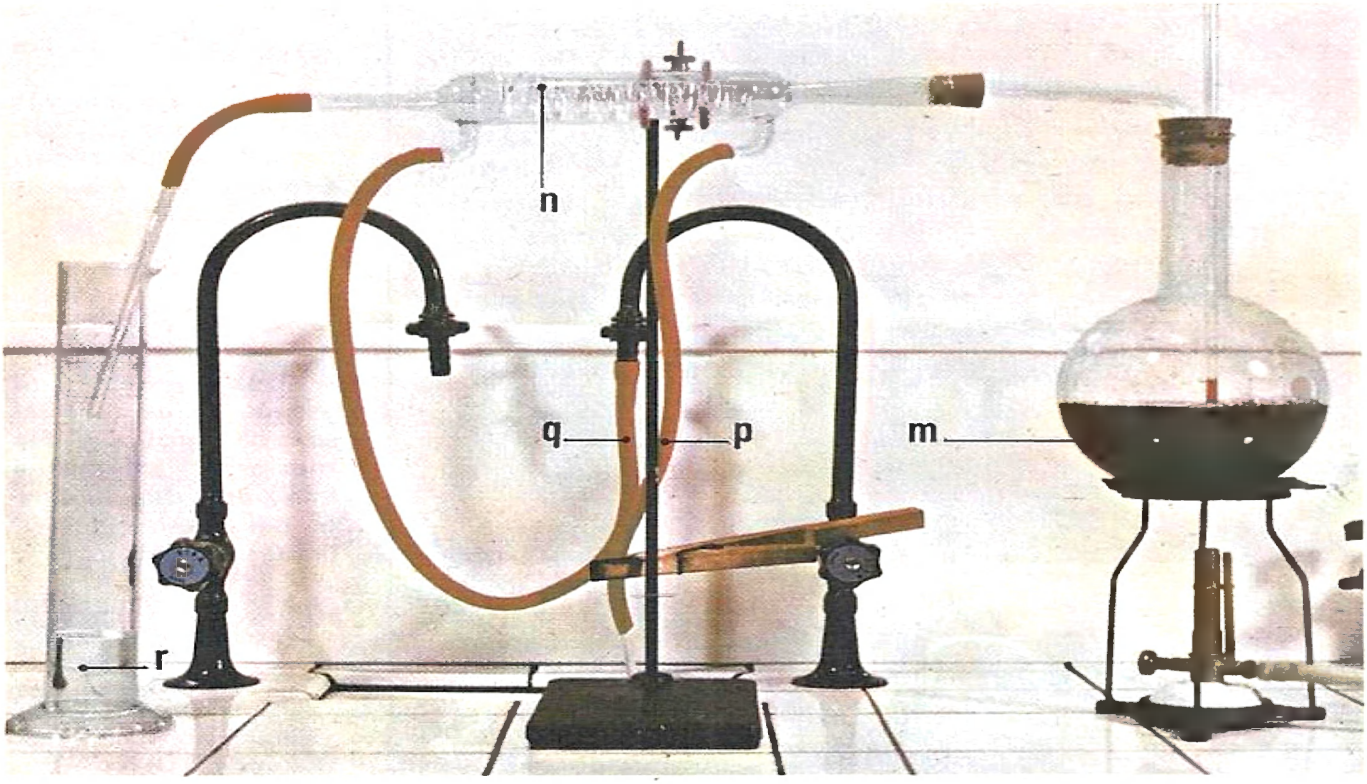
A Des aliments du groupe 2 : ils fournissent des protides, des matières minérales (citez-en), des lipides, et des vitamines (indiquez lesquelles).

B Des aliments du groupe 5 : ils apportent à l'organisme :

- des sucres et, par suite, de l'énergie ;
- des vitamines (surtout la vitamine C) ;
- de la cellulose qui facilite le travail de l'intestin et, par suite, évite la constipation.

C Des aliments du groupe 6 : quels sont ceux qui nous apportent surtout de l'amidon ? ceux qui nous fournissent d'autres glucides ?

Sauf pour le groupe 6, tous les aliments d'un même groupe ont la même valeur alimentaire ; par suite, dans un menu, on peut remplacer un aliment par un autre pourvu qu'il appartienne au même groupe que cet autre.



Observations

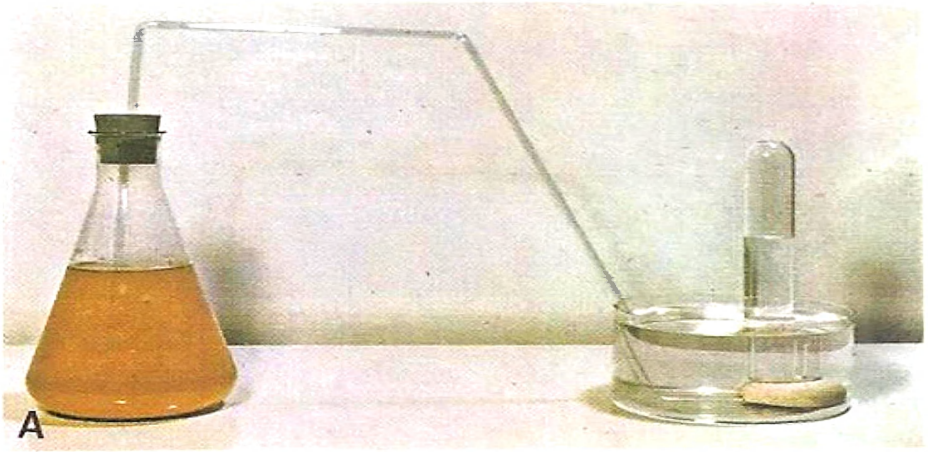
distillons du vin

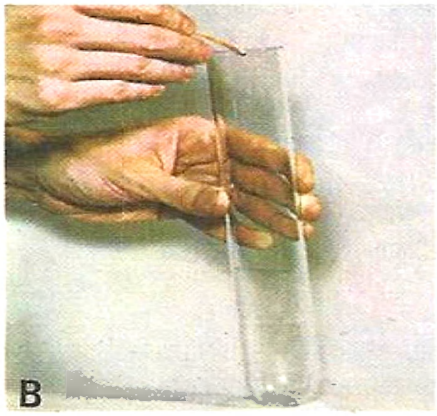
L'alcool ordinaire, ou alcool éthylique, bout à 76°; alors, que devient l'alcool quand on fait bouillir du vin ? Pourquoi refroidit-on le serpentin par circulation d'eau de ville ? Sentez et goûtez le liquide recueilli : qu'en concluez-vous ?

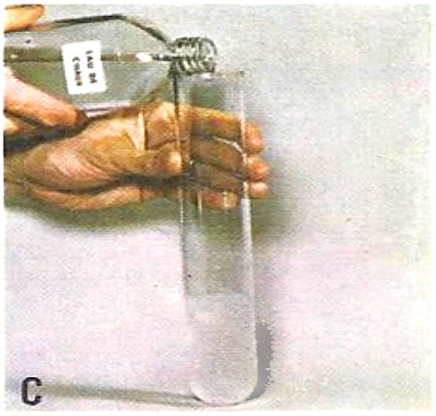
d'où vient l'alcool du vin ?

A La fiole contient une solution de glucose à laquelle on a ajouté de la levure de bière. Que se produit-il ? Quand le gaz ne se dégage plus, sentez le liquide de la fiole : qu'en concluez-vous ?

B-C Comment prouve-t-on que le gaz dégagé est du gaz carbonique?







les boissons alcoolisées

• Le degré alcoolique d'une boisson est le pourcentage d'alcool (en volume) qu'elle contient. Ainsi un vin à 10° renferme 10 % d'alcool pur : soit 10 cm³ (ou 10 ml) d'alcool pour 100 cm³ (ou 100 ml) de vin. Et pour un litre de vin ?

• Calculez. La contenance des verres photographiés ci-contre étant : 25 ml, 80 ml et 250 ml, calculez la quantité d'alcool pur que contient le verre d'eau-de-vie **a**, le verre de vin **b** et le verre de bière **c** ; qu'en concluez-vous ?

• Consultez le tableau ci-contre; quel est le degré alcoolique :
— des boissons fermentées consommées dans votre région ?
— des eaux-de-vie, liqueurs et digestifs ?

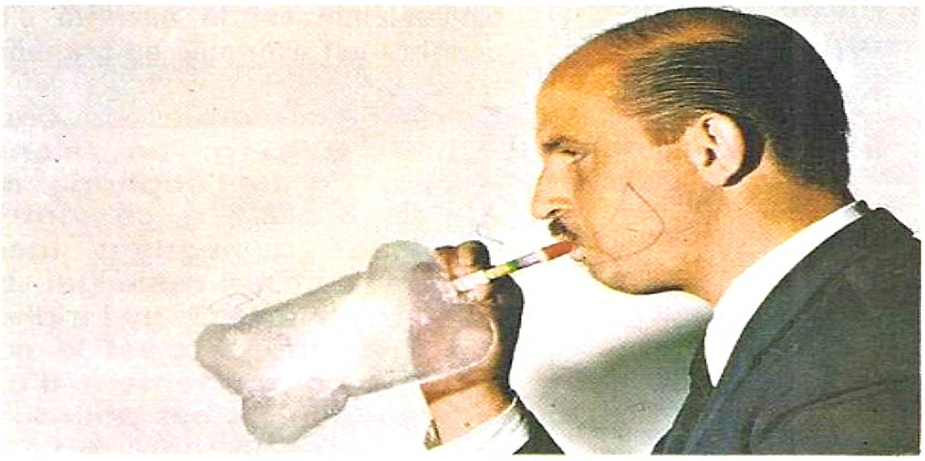
l'alcootest

1 Remarquez les trois parties de l'appareil : l'embout, le tube à réactif (quelle est sa couleur ?), et le sac en matière plastique.
2 Le tube à réactif verdit si l'haleine contient de l'alcool et d'autant plus que la teneur en alcool de l'haleine est plus grande.

Précautions à prendre :
• l'alcootest ne doit être utilisé que 15 mn après l'ingestion d'une boisson alcoolisée ;
• il ne faut pas fumer immédiatement avant;
• le sac doit être bien rempli, en une seule fois, en soufflant.

teneur en alcool des boissons alcoolisées

boissons faiblement alcoolisées (de 1 à 7 %)	bière	bière de table (2 %) bière de Lorraine (6 %)
	cidre	cidre doux (1,5 %) cidre mousseux (6 %)
boissons moyennement alcoolisées (de 7,5 à 23 %)	vins ordinaires	de 7,5 à 12 %
	vins de liqueur et vins doux (de 16 à 23 %)	madère, malaga, porto banyuls...
boissons fortement alcoolisées (plus de 30 %)	eaux-de-vie	rhum (45 à 60 %), cognac kirsch, whisky (43 à 75 %)
	liqueurs	de 40 à 60 %



l'alcoolisme

I Ce qu'est l'alcoolisme

alcoolisme et ivresse

L'alcoolisme est une intoxication lente due à la consommation habituelle de doses anormales de boissons alcoolisées. Ainsi il ne faut pas confondre alcoolisme et ivresse qui est l'état de celui qui a absorbé une dose excessive d'alcool.

les deux types d'alcooliques

Les individus qui, fréquemment, se trouvent en état d'ivresse appartiennent au premier type. Tous ceux qui consomment des doses d'alcool trop élevées pour leur organisme, mais sans jamais s'enivrer, font partie du deuxième type. Cette deuxième forme de l'alcoolisme est fréquente : elle résulte de l'usage immodéré des boissons fermentées ou de l'abus des apéritifs, des liqueurs...

L'alcoolisme est une intoxication lente due à la consommation habituelle, à doses trop élevées, de boissons alcoolisées.

II Ses dangers pour l'individu

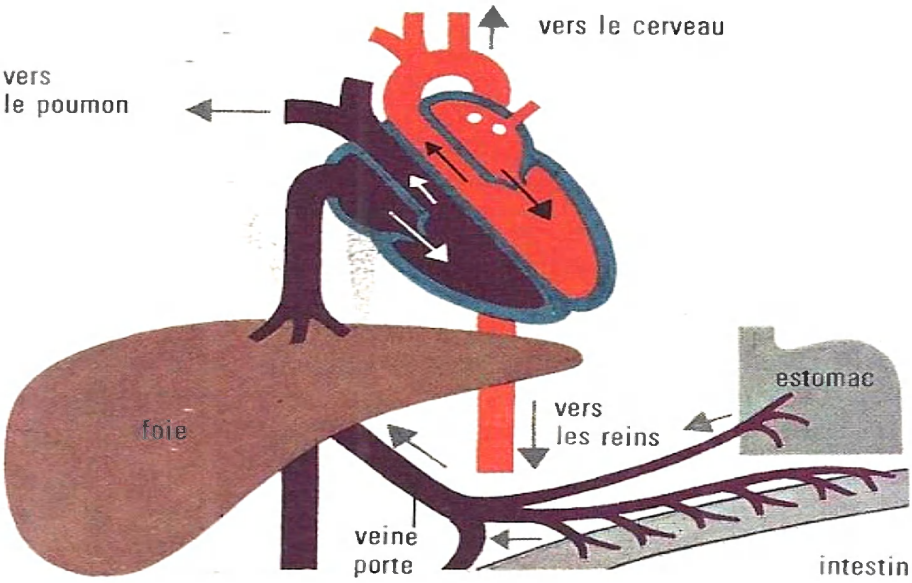
ce que devient l'alcool ingéré

L'alcool ingéré traverse la paroi de l'estomac et celle de l'intestin et se retrouve dans le sang de la veine porte **1** ; mais le foie, contrairement au rôle qu'il joue à l'égard de nombreuses substances toxiques, détruit peu d'alcool ; de sorte que, en faisant l'analyse du sang d'un individu qui a absorbé des boissons alcoolisées, on trouve de 0,10 g à plus d'un gramme d'alcool par litre de sang **2** : ce résultat est l'alcoolémie (du grec haima, sang).

L'alcoolémie est la quantité d'alcool dans le sang ; cette quantité est exprimée en grammes d'alcool par litre de sang.

troubles après ingestion d'alcool

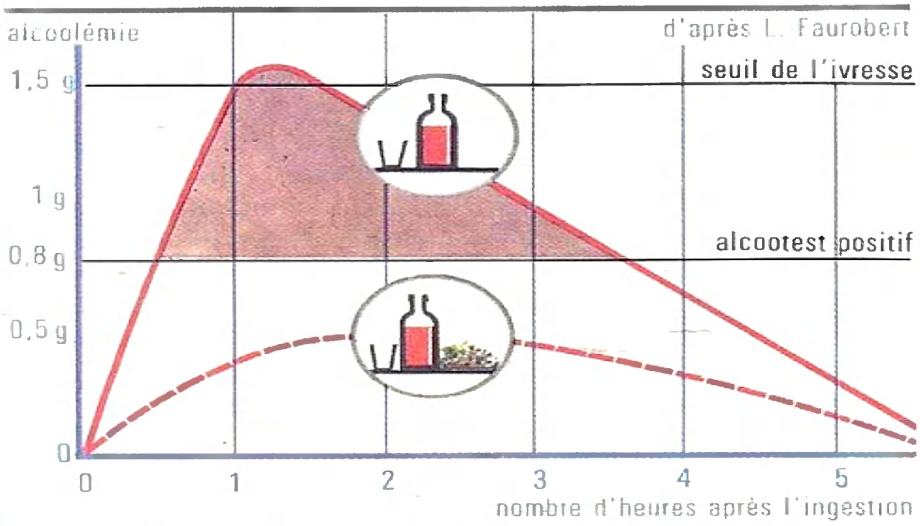
Selon l'alcoolémie, on constate divers troubles :
— pour 0,60 g, un ralentissement des réflexes;
— pour 1 g, de l'euphorie, des gestes incoordonnés;
— de 1,5 à 2,5 g, ce sont les signes de l'ivresse : les idées deviennent incohérentes et l'individu titube ; tantôt il reste gai, tantôt il devient violent ;
— pour plus de 3 g, l'individu tombe et s'endort : il est ivre-mort ; c'est le coma alcoolique.
Ainsi le comportement d'un individu diffère selon l'alcoolémie ; c'est pourquoi la police de la route peut exiger la détermination de l'alcoolémie **3**.



1 trajet suivi par l'alcool ingéré

Au niveau de quels organes l'alcool passe-t-il dans le sang ? Que devient l'alcool transporté par le sang ? Pourquoi dit-on qu'aucun organe n'échappe à l'action de l'alcool ? Qu'appelle-t-on alcoolémie ? Elle est proportionnelle à la quantité d'alcool absorbé.

→ alcool transporté par le sang

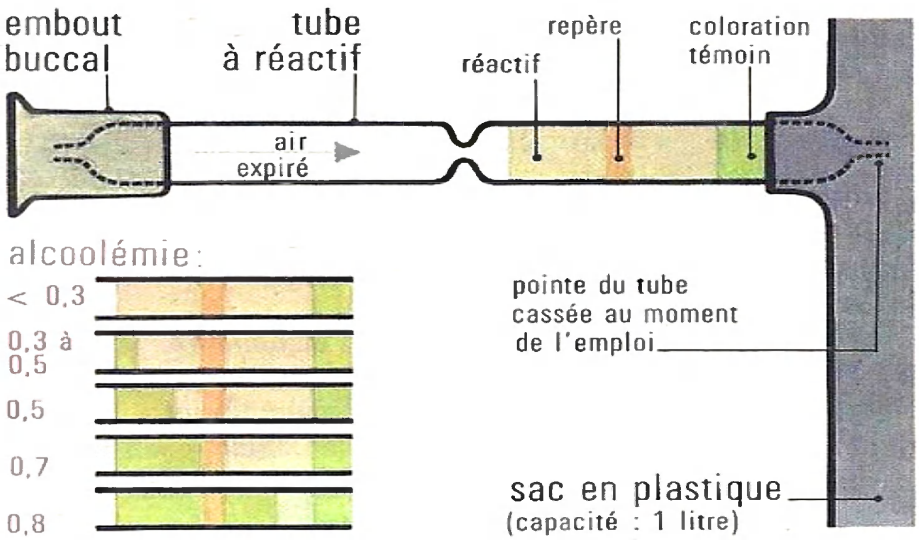


2 après ingestion de 3/4 l de vin

L'alcoolémie est-elle la même si l'ingestion a lieu au cours d'un repas ou à jeun ? Dans ce dernier cas, combien d'heures faut-il attendre avant de conduire un véhicule (automobile, motocyclette...) ?

——— à jeun

– – – au cours d'un repas



3 détermination de l'alcoolémie par l'alcootest

La mesure précise de l'alcoolémie se fait en dosant l'alcool dans le sang après qu'un médecin ait effectué une prise de sang. L'alcootest permet une détermination rapide : de la teneur en alcool de l'air expiré, on en déduit celle du sang. Si la coloration verte dépasse le repère jaune, qu'en concluez-vous ?

troubles digestifs de l'alcoolique

L'abus des apéritifs et des liqueurs provoque :
— un mauvais fonctionnement des glandes gastriques, d'où une digestion lente ;
— une inflammation de la paroi de l'estomac : c'est la gastrite alcoolique, très douloureuse ;
— la formation de crevasses ou ulcère d'estomac.

Le foie est très sensible à l'action de l'alcool, qu'il provienne de boissons fermentées ou de boissons distillées ; il se forme, à la longue, des amas durs dans le foie : c'est la cirrhose **4** B. Tantôt le foie augmente de volume, tantôt il s'atrophie ; de toute façon la circulation dans la veine porte est gênée et le foie ne peut plus assurer l'épuration du sang.

L'alcool dessèche la paroi intestinale, de sorte que l'absorption intestinale se fait mal ; en outre, l'irritation de l'intestin cause de l'entérite.

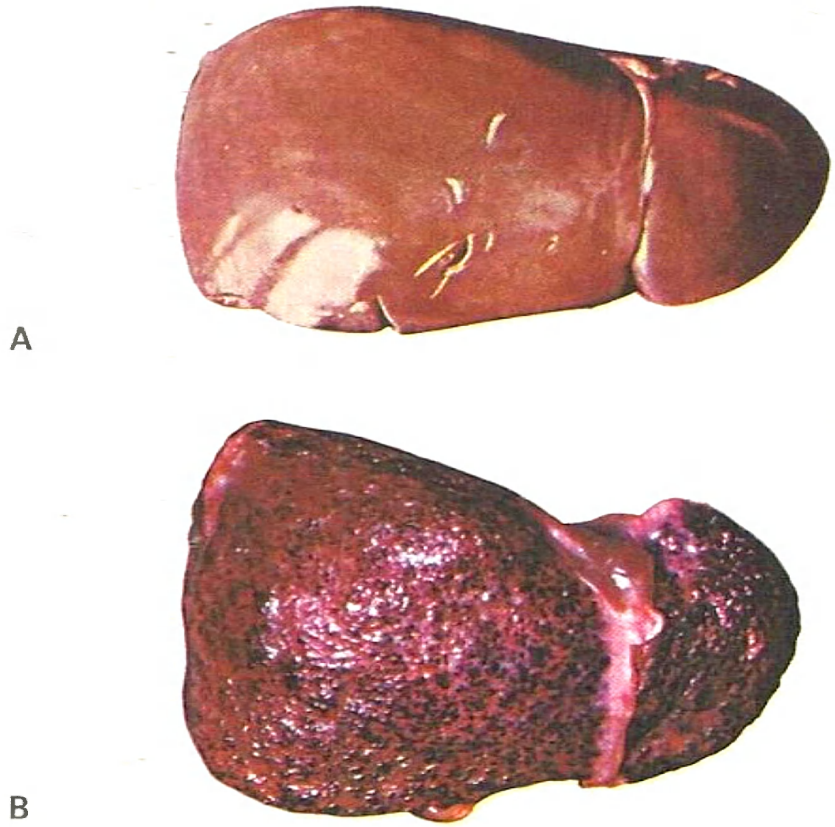
troubles sanguins et circulatoires

Le sang de l'alcoolique contient de l'alcool :
— le sang devient alors coagulable et un caillot peut se former dans un vaisseau sanguin : c'est une embolie souvent mortelle ;
— les globules blancs sont paralysés ; c'est pourquoi la plus petite plaie tend à s'infecter et la résistance à la maladie est diminuée ; aussi a-t-on dit que : « l'alcoolisme fait le lit de la tuberculose » ;
— le cœur s'entoure de graisse ; celle-ci gêne les battements du cœur : le cœur se fatigue plus vite et augmente de volume (cœur hypertrophié) ;
— la paroi des artères durcit : les artères deviennent cassantes ; or, leur rupture provoque une hémorragie interne le plus souvent mortelle.

troubles nerveux de l'alcoolique

Les neurones sont très sensibles à l'action de l'alcool ; c'est pourquoi leur altération provoque :
— des troubles du caractère : irritabilité, promptitude à se mettre en colère... ;
— une diminution de la sensibilité : le toucher, l'ouïe et la vue s'affaiblissent ;
— des tremblements, en particulier des mains, qui interdisent la pratique d'un métier de précision ;
— un affaiblissement de l'intelligence et de la volonté et, souvent, des troubles mentaux (aliénation mentale) qui exigent l'internement dans un hôpital spécialisé appelé hôpital psychiatrique **5**.

Afin d'éviter les ravages causés par l'alcoolisme, il faut :
- bannir les boissons distillées (liqueurs, eaux-de-vie...) ;
- ne consommer que des quantités raisonnables de boissons fermentées (vin, cidre, bière) et seulement aux repas ;
- savoir que la dose quotidienne d'alcool avec laquelle on devient alcoolique n'est pas la même pour tous les individus.

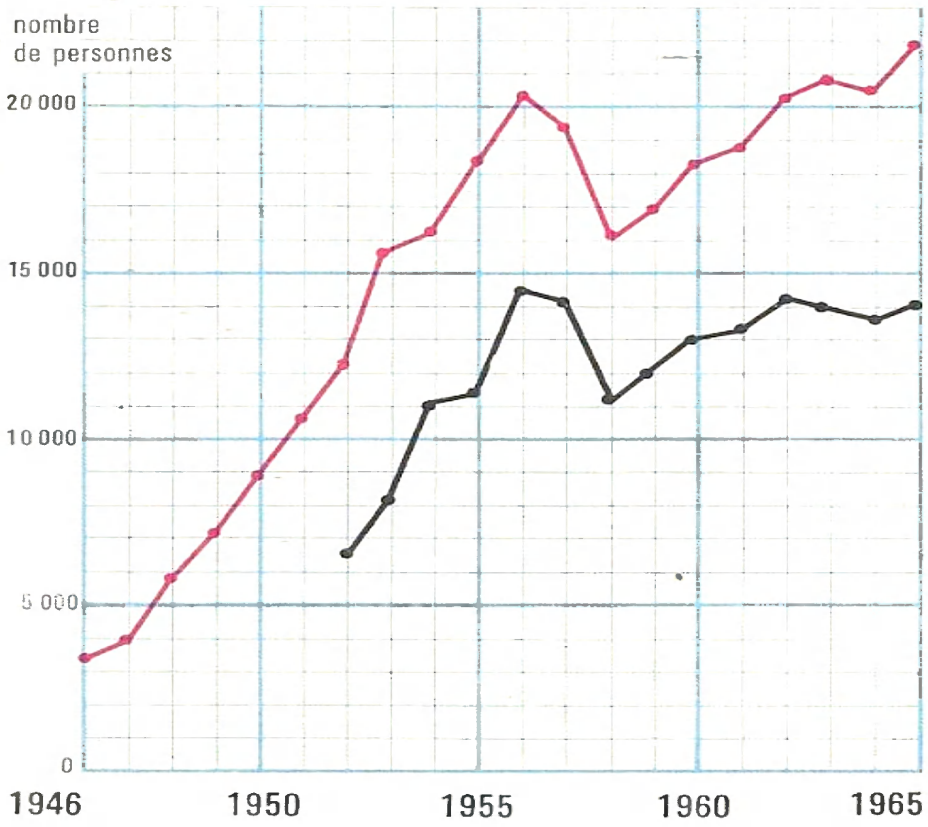


4 foie normal et foie atteint de cirrhose

Par quel vaisseau sanguin l'alcool d'une boisson alcoolisée parvient-il au foie ?

Comparez le foie normal A et le foie atteint de cirrhose B : que s'est-il formé dans le foie ? Pourquoi la circulation du sang est-elle alors gênée ?

La cirrhose est une maladie grave qui reste inconnue pendant des années; lorsqu'elle devient apparente, il est alors trop tard pour la guérir.



5 l'alcoolisme est un fléau

En France, combien y a-t-il, par an, de décès par alcoolisme ? et d'entrées dans les hôpitaux psychiatriques ?

Pendant la guerre 1939-1945, la consommation d'alcool diminua du fait des restrictions imposées ; or, parallèlement, le nombre d'entrées dans les hôpitaux psychiatriques subit une forte diminution (en 1945, 2 000 entrées) : de nombreux cas de folie sont donc causés par l'alcoolisme.

— nombre de décès
— nombre d'admissions pour alcoolisme dans les hôpitaux psychiatriques

la mort de l'alcoolique

En dehors des accidents, la mort peut résulter :
— d'une mort violente soit par rupture d'un vaisseau sanguin, soit au cours d'une crise de délire tremblant (delirium tremens) : c'est une crise nerveuse au cours de laquelle l'alcoolique se voit assailli par des hommes ou des bêtes, soit par suicide (l'alcool est responsable de 1/3 des suicides) ;
— d'une cirrhose (plus de 16 300 décès en 1965) ;
— d'une affection aggravée par l'alcool (tuberculose) ou provoquée par elle (cancer de l'œsophage) ;
— d'une lente agonie après aliénation mentale.

En France, parmi les causes de décès, l'alcoolisme vient en 3e rang après les maladies cardio-vasculaires et le cancer.

III Ses dangers pour la société

l'alcool et les accidents

Le travail professionnel et la conduite d'un véhicule sont une succession de réflexes. Comme l'alcool augmente le temps de réaction, c'est-à-dire ralentit les réflexes, on comprend que :
— 45 % des accidentés du travail sont alcooliques ;
— 60 % des accidents de la route sont dus à l'abus de boissons alcoolisées **7** ; il faut noter que l'action euphorisante de l'alcool amène le conducteur à tenter des dépassements qu'il n'effectuerait pas en temps normal ; c'est pourquoi la police de la route est en droit d'exiger, même en l'absence d'accident corporel, une détermination de l'alcoolémie par l'alcootest **3** ou par dosage du sang.

la criminalité

Sur 100 meurtres, on estime que 50 au moins sont commis sous l'empire d'un état alcoolique.

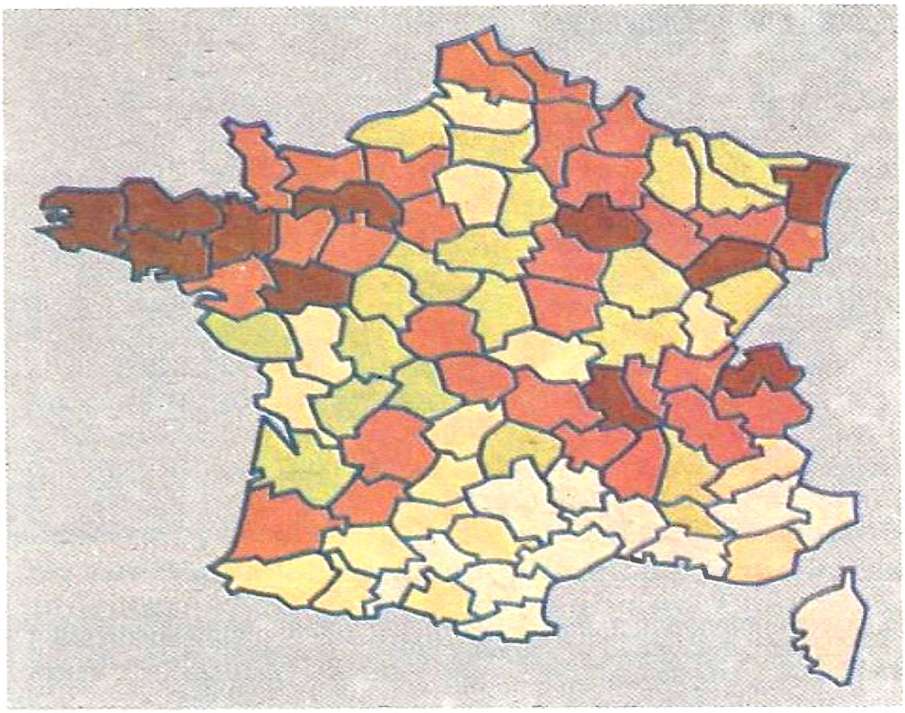
l'alcoolique et les siens

La femme et les enfants sont sous-alimentés, parce que la misère s'installe au foyer du fait que l'alcoolique dépense inconsidérément sa paie et trouve difficilement du travail : c'est un mauvais employé, car il ne peut pas fixer son attention, ou un mauvais ouvrier aux gestes mal coordonnés.

L'alcoolique compromet sa descendance : ses enfants sont souvent sourds-muets, difformes, faibles d'esprit ou ils ont une prédisposition à boire.

Enfin, un divorce sur quatre est dû à l'alcoolisme.

Par les accidents du travail et de la route qu'il provoque, par son action sur la criminalité, parce qu'il compromet l'« avenir du pays » en ruinant la santé de l'individu et celle de ses descendants, parce qu'il fait supporter de lourdes charges à la nation, l'alcoolisme est un fléau national.

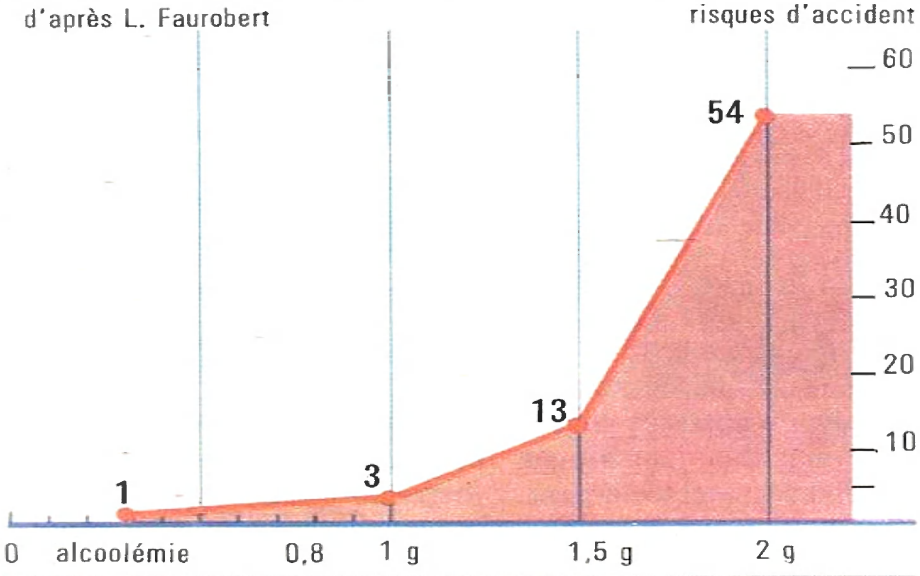


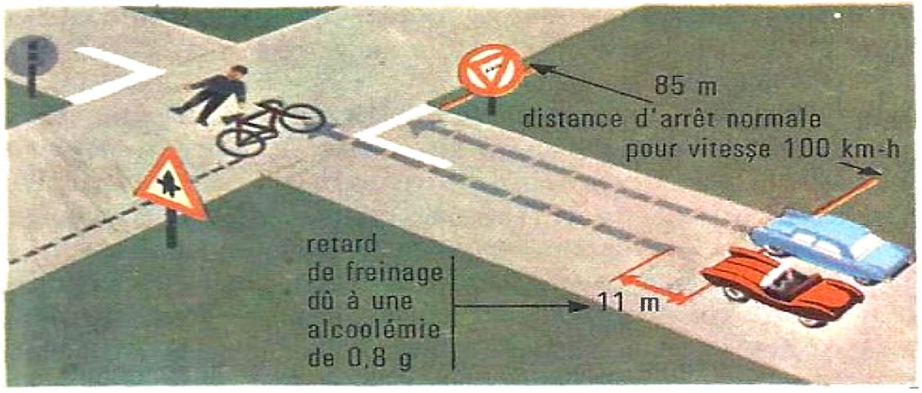
6 mortalité par alcoolisme

Dans quelles régions le taux de mortalité est-il le plus élevé ? Quelles boissons y consomme-t-on ?

En 1964, en France, la consommation, par adulte et par an, était de 26,8 litres d'alcool. Elle n'était que de 12 l en Suisse, 9 l en Belgique et 7 l en Grande-Bretagne ; qu'en concluez-vous ?

60 à 90	taux par 100 000 habitants
45 à 59	
35 à 44	
25 à 34	
10 à 24	





7 l'alcool et les accidents

A Les risques d'accident : dans quelles proportions ces risques d'accident augmentent-ils avec l'alcoolémie ? Quelles explications physiologiques pouvez-vous donner de cette augmentation rapide ?

B L'explication d'un accident : pour une alcoolémie de 0,8 g, le temps de réaction du freinage, c'est-à-dire le temps mort avant que le réflexe intervienne, augmente de 0,4 s. Alors, quelle est la distance parcourue par l'automobiliste pendant ce temps ? Qu'en résulte-t-il ?

En cas d'accident, pourquoi détermine-t-on l'alcoolémie ? Quel est le procédé le plus rapide que l'on peut alors employer ?

IV La lutte antialcoolique

comment on évite l'alcoolisme

Certaines mesures législatives ont été prises :
— une loi de 1915 a interdit la vente de l'absinthe;
— un décret de 1954 a interdit la vente d'apéritifs à base de vin titrant plus de 18 degrés;
— une ordonnance de 1960 a interdit la publicité pour les boissons alcoolisées sur les stades;
— divers décrets ont limité le privilège des bouilleurs de cru et renforcé le contrôle de la distillation du vin, du cidre...; mais, en 1965, il y avait encore plus de 2 800 000 bouilleurs de cru inscrits;
— une loi de 1965 permet de requérir une peine contre celui « qui aura conduit un véhicule alors qu'il se trouvait sous l'empire d'un état alcoolique, même en l'absence de signe manifeste d'ivresse ».

Des mesures économiques et sociales ont été proposées pour supprimer les causes de l'alcoolisme :
— la construction de logements agréables pour remplacer les taudis que leurs habitants fuient pour se rendre au café ;
— l'aménagement de terrains de sport, de jeux **8** ;
— la réduction du nombre des débits de boissons ;
— la production industrielle de jus de fruits **10**.

La propagande antialcoolique doit montrer que :
— il est faux de dire que « l'alcool est un aliment » : l'alcool n'est pas utilisé pour produire du travail musculaire ni pour lutter contre l'abaissement de la température ni pour constituer des réserves ;
— l'alcool ne donne pas de forces et vous savez bien que les sportifs n'en consomment jamais ;
— l'alcool ne facilite pas le travail intellectuel, car l'alcool diminue l'attention et la mémoire.

Les moyens destinés à éviter l'alcoolisme sont les suivants :
- **des mesures législatives tendent à diminuer la nocivité des boissons alcoolisées et à restreindre leur consommation ;**
- **des mesures économiques et sociales tendent à supprimer les causes qui conduisent à l'alcoolisme ;**
- **la propagande antialcoolique montre que la consommation de boissons alcoolisées s'appuie sur des idées fausses.**

comment on guérit les alcooliques

On essaie de provoquer de la répugnance pour l'alcool, d'où le nom de cure de dégoût, en employant des substances chimiques (antabus, par exemple) qui déterminent de fortes réactions de l'organisme (bouffées de chaleur, nausées, vomissements) dès l'ingestion d'une faible dose de boisson alcoolisée. Pour que ce traitement produise l'effet désiré, c'est-à-dire la désintoxication de l'organisme, il faut qu'il soit poursuivi longtemps (6 mois à 1 an).

8 terrains de sports et de jeux

C'est sur l'initiative de la municipalité d'une localité de la région parisienne que ce terrain a été aménagé; dans quel but ?

9 un bar sans alcool

Que peut-on y boire ? Les jus de fruits sont des boissons désaltérantes, alors que les boissons alcoolisées ne le sont pas. En effet, des expériences ont montré que l'ingestion de boissons alcoolisées fait éliminer par les urines davantage d'eau que l'organisme n'en a reçu sous la forme de boissons.

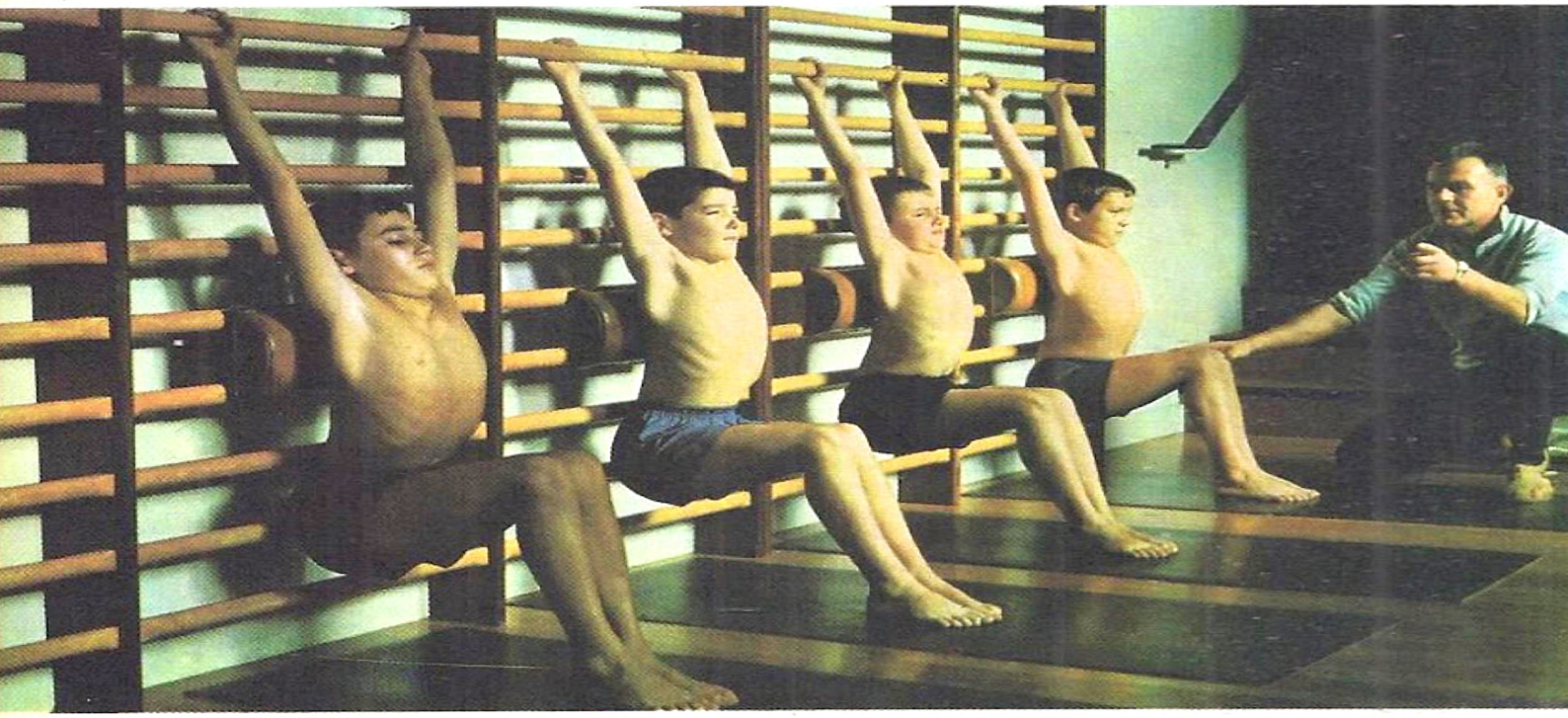
jus de fruits	consommation en hl	
	1956	1965
jus de pomme	32 000	367 500
jus de raisin	40 000	272 000
jus d'orange	29 000	53 000
jus de pamplemousse	25 000	75 000
jus d'ananas	28 000	78 000
autres jus (abricot, tomate...)	26 000	60 000
consommation totale :	180 000	905 500

10 évolution de la consommation de jus de fruits

Que montrent ces statistiques sur la consommation, en France, dans les dix dernières années ?

La production industrielle de jus de fruits a pour effet :
- de rendre leur prix accessible à tous ;
- de fournir un débouché rémunérateur aux producteurs de fruits sans qu'ils soient obligés de faire des boissons fermentées.

17 hygiène de l'appareil moteur



L'appareil moteur comprend le squelette et le système musculaire ; par suite, nous étudierons, d'une part, l'hygiène du squelette et, d'autre part, l'hygiène musculaire.

Nous rechercherons les conditions nécessaires au développement normal du squelette (minéralisation des os, croissance des os liée à celle de l'organisme, c'est-à-dire à la taille), puis nous étudierons les principales déformations de la colonne vertébrale.

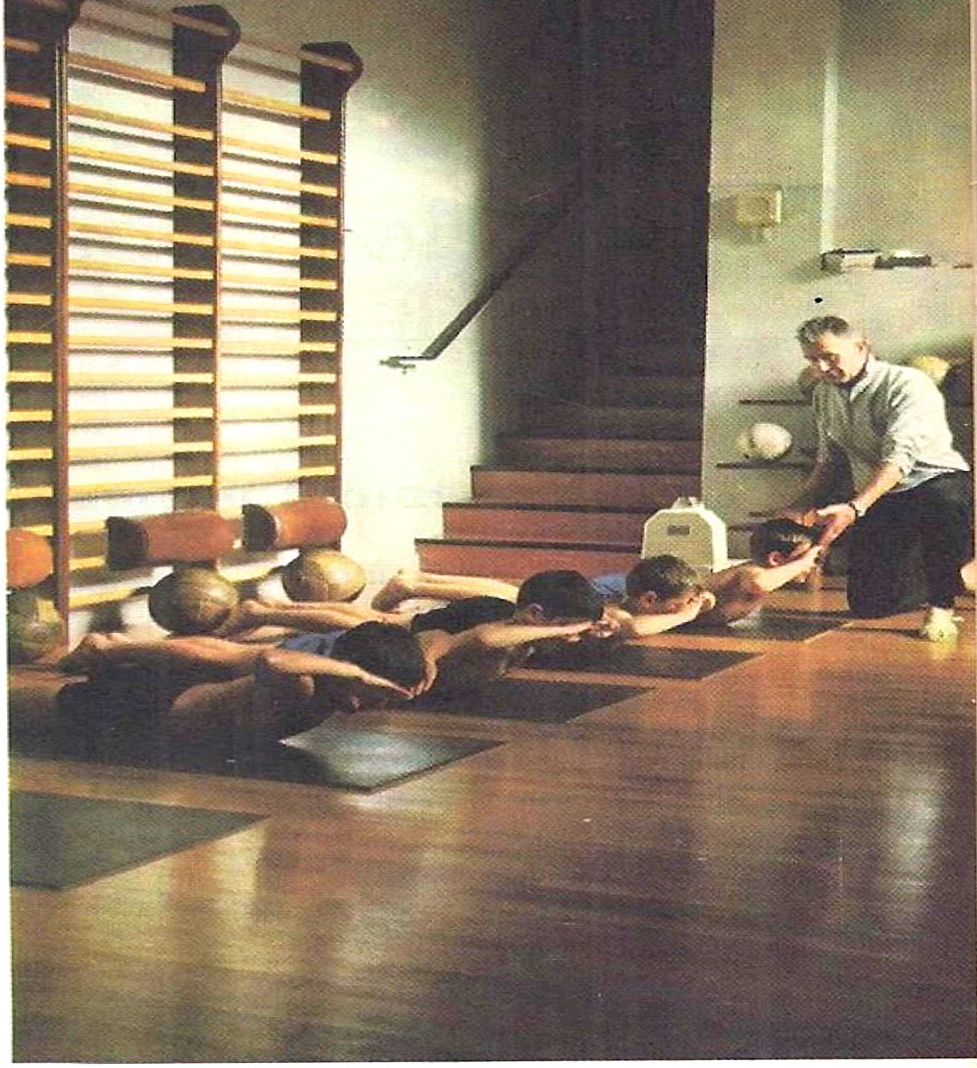
L'exercice musculaire bien compris, autrement dit adapté à l'âge et à la constitution particulière de chaque individu, est indispensable pour le maintien de la santé et pour le bon développement de l'organisme, car l'exercice musculaire a des effets hygiéniques : les uns sont temporaires, les autres sont durables lorsque les exercices sont pratiqués régulièrement; mais il faut éviter les excès.

A B la gymnastique corrective

A Exercice à l'espalier : le dos appliqué contre un dosseret, les cuisses horizontales, les fesses sont poussées en arrière et vers le bas.

B Exercice au sol : les bras fléchis en position horizontale, la partie antérieure du corps se redresse sans déplacer les jambes qui sont allongées.

Ces exercices, en fortifiant la musculature dorsale, corrigent les déformations de la colonne vertébrale et accroissent le volume de la cage thoracique.

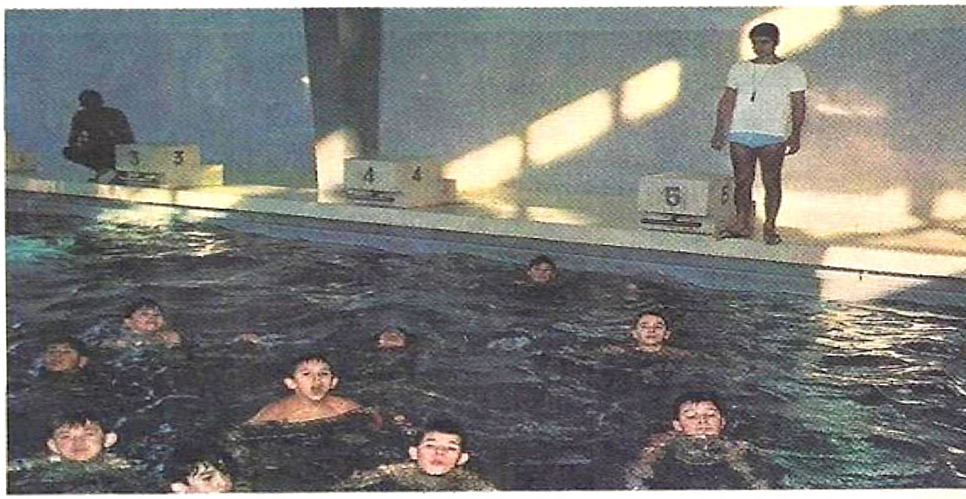


C le volley-ball

C'est le jeu d'équipe le plus indiqué pour les lycéens : le maintien de la tête haute et le redressement du buste, corrigent le « dos rond ». De plus, ce jeu accroît la vivacité, l'adresse, la précision, tout en développant des qualités morales : discipline, esprit d'équipe... .

D la brasse

Inspirée par la nage de la grenouille, elle comporte 4 temps (lesquels ?). Les épaules horizontales tenues à la surface de l'eau, le corps bien cambré, la brasse assouplit la colonne vertébrale, corrige le « dos rond », renforce la puissance des bras, et augmente la capacité vitale.



Leçon

hygiène de l'appareil moteur

Développement normal du squelette

la minéralisation des os

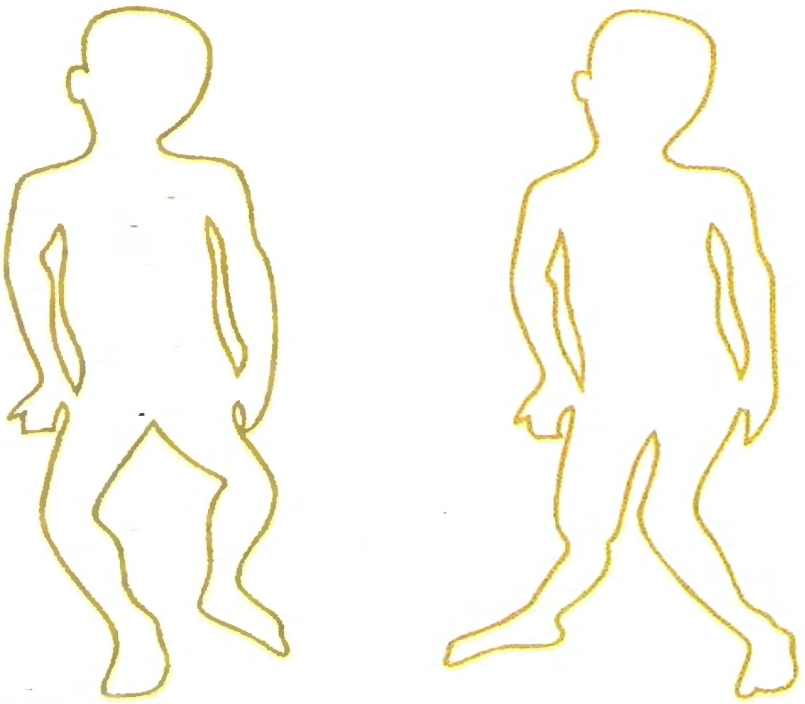
Pour qu'il y ait bonne minéralisation des os, il faut :
1 Que les aliments apportent suffisamment de sels de calcium (phosphate de calcium, carbonate de calcium...). C'est le lait qui fournit au jeune organisme (bébé, enfant) les sels minéraux dont il a besoin pour la minéralisation de son squelette.
2 Que la quantité de vitamine D (ou vitamine antirachitique) soit suffisante, sinon les sels de calcium ne se fixent pas sur le tissu osseux : les os sont mous et se déforment : c'est le rachitisme **1**. Quelles sont les sources alimentaires de vitamine D et le rôle des radiations ultraviolettes du soleil ? Lorsque l'insolation est insuffisante (par exemple, en hiver ou lorsque l'habitation est peu ensoleillée), il est recommandé de faire absorber aux enfants de l'huile de foie de morue ou de flétan particulièrement riche en vitamine D. En outre, le médecin peut prescrire une cure de rayons ultraviolets **2**.
3 Que le fonctionnement des glandes parathyroïdes soit normal. Ce sont quatre petites glandes situées sur la face arrière de la thyroïde. L'hormone qu'elles sécrètent est indispensable à la fixation des sels de calcium sur le tissu osseux.

Pour qu'il y ait bonne minéralisation des os, il faut :
- **que les aliments apportent assez de sels de calcium;**
- **que la quantité de vitamine D soit suffisante et que le fonctionnement des glandes parathyroïdes soit normal, car la vitamine D et l'hormone parathyroïdienne assurent la fixation des sels de calcium sur le tissu osseux.**

la croissance

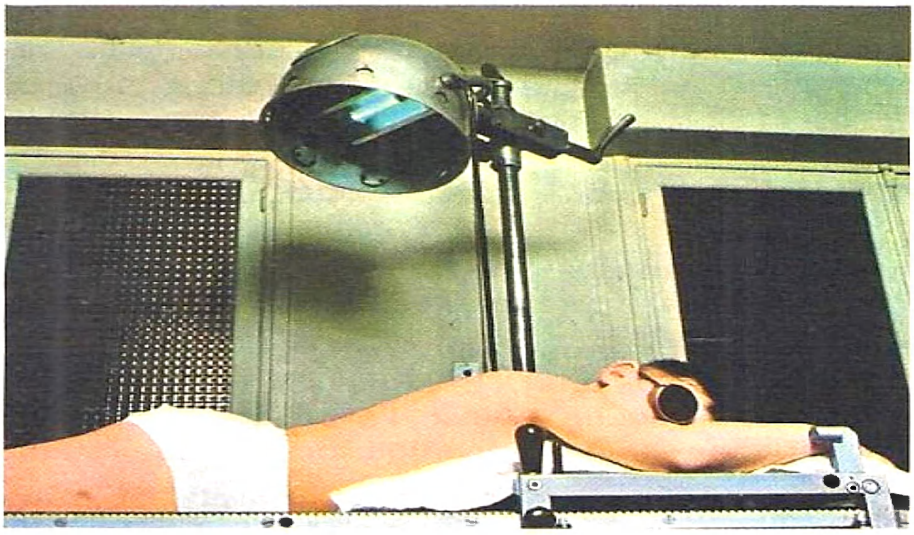
Pour que la taille de l'individu soit normale, il faut :
— que les aliments apportent suffisamment de vitamine A : le lait, le beurre, les œufs, les carottes, les choux... contiennent cette vitamine;
— que les glandes à sécrétion interne fonctionnent bien, car la thyroïde, l'hypophyse et le thymus **3** sécrètent des hormones favorisant la croissance;
— que l'activité physique soit suffisante; mais il faut éviter les exercices musculaires violents et les excès sportifs qui peuvent arrêter la croissance.

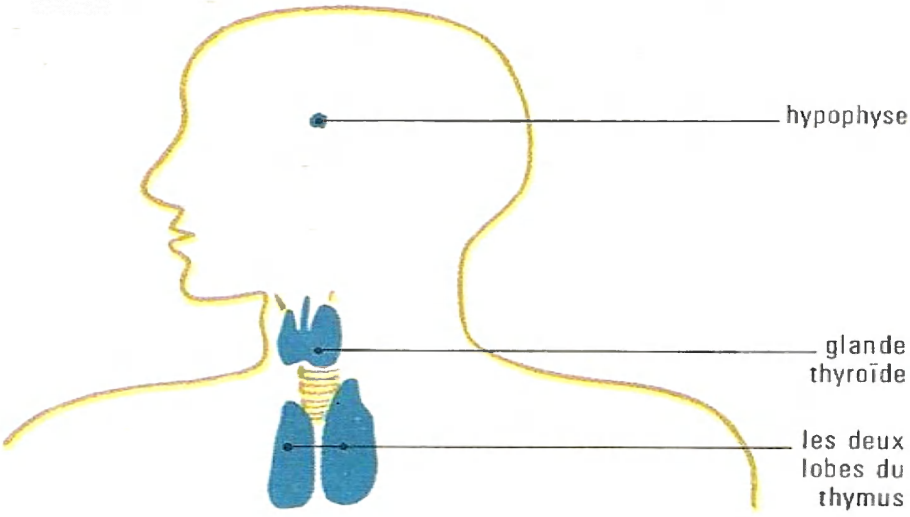
Pour que la taille soit normale, il faut que les aliments apportent assez de vitamine A, que les glandes à sécrétion interne fonctionnent bien et que l'activité physique soit suffisante, mais sans qu'il y ait d'excès ni d'exercices violents.



A jambes en O

B jambes en X





1 déformations des os des jambes

A Jambes en O, on dit aussi que les jambes sont « en cerceau ».

B Jambes en X : les genoux se touchent, alors que les jambes sont déviées vers l'extérieur. Cette déviation se produit entre 18 mois et 3 ans.

Pourquoi les os des jambes peuvent-ils se déformer ? Que fait-on pour y remédier ?

2 cure de rayons ultraviolets

Ces rayons, fournis par une ampoule électrique spéciale, sont capables de transformer certaines substances contenues dans la peau en vitamine D.

Pour le traitement du rachitisme, la cure comporte de 12 à 15 séances, à raison de 2 à 3 par semaine. Ce traitement s'effectue sous la surveillance d'un médecin.

3 glandes agissant sur la croissance

On dit que ce sont des glandes à sécrétion interne, car les produits sécrétés (appelés hormones) sont déversés dans le sang qui les transporte dans tout l'organisme.

Le thymus est volumineux chez l'enfant; par la suite, il s'atrophie, mais sans disparaître complètement.

II Déformations de la colonne vertébrale

principales déformations

Les déformations dans le plan médian. La colonne vertébrale présente trois courbures antéro-postérieures **4** A : nucale, dorsale et lombaire. Sous l'influence des mauvaises attitudes, certaines courbures peuvent s'exagérer **4** B-C.
Les déviations latérales. De mauvaises attitudes, en position debout **5** B ou en position assise **5** D, peuvent déterminer une déviation de la colonne vertébrale en forme de C ou de S : c'est la scoliose.

comment on les évite

On évite les déformations de la colonne vertébrale :
— en pratiquant la culture physique et la natation;
— en surveillant l'attitude du corps tant debout qu'assis, et en ne portant pas toujours les objets lourds (sac d'écolier, sac à outils) du même côté;
— en ayant des tables dont la hauteur est adaptée à la taille des utilisateurs.

Les déformations de la colonne vertébrale : « dos rond », lordose, scoliose sont la conséquence de mauvaises attitudes.

III Effets hygiéniques de l'exercice

effets temporaires

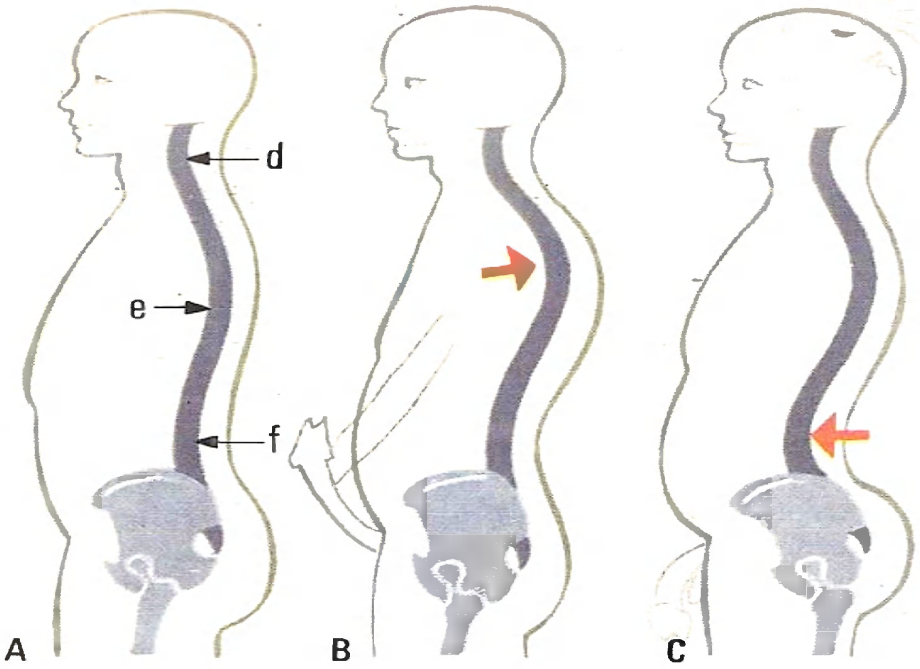
Tout exercice musculaire un peu prolongé a des effets hygiéniques temporaires; citons les suivants :

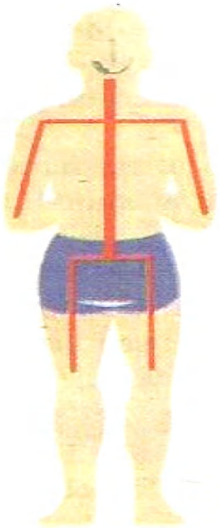
Activation de la respiration : un homme absorbe 7 litres d'air s'il court, 2 litres s'il marche et 1 litre s'il est couché. Ainsi l'exercice musculaire s'accompagne d'une activation de la respiration.

Activation de la circulation : un muscle qui travaille reçoit 4 à 5 fois plus de sang qu'au repos. C'est pourquoi tout exercice musculaire (marche, course, natation, travail manuel...), qui met en jeu un grand nombre de muscles, active la circulation sanguine tout entière; il en résulte :
— une meilleure irrigation de tous les organes et, par suite, un bon fonctionnement des glandes digestives et des glandes à sécrétion interne;
— une élimination accrue des déchets de la nutrition par le foie, les reins, les glandes de la peau.

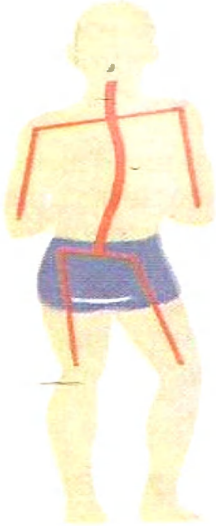
Détente nerveuse (page 185) et lassitude; celle-ci se traduit par un engourdissement progressif de l'organisme qui est favorable à un bon sommeil.

Tout exercice musculaire un peu prolongé provoque une activation de la respiration et de la circulation, ainsi que la détente nerveuse et la lassitude favorable au sommeil.

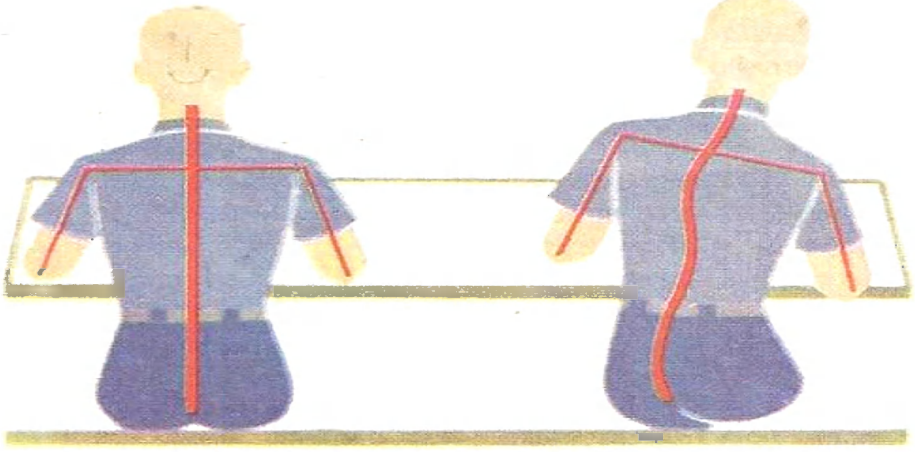




A bonne attitude



B attitude hanchée



C bonne attitude

D attitude unifessière

4 la colonne vertébrale et ses déformations

A Indiquez les noms des trois courbures de la colonne vertébrale.

B L'exagération de la courbure dorsale est le « dos rond », appelé aussi cyphose.

C L'exagération de la courbure lombaire détermine une cambrure excessive, inesthétique, ou lordose.

5 l'influence des attitudes sur le squelette

A Une bonne attitude en position debout : le poids du corps est réparti également sur les deux jambes; la colonne vertébrale est alors bien droite.

B Le poids du corps s'exerce surtout sur une seule jambe; les hanches ne sont pas à la même hauteur et la colonne vertébrale s'incurve en S.

C'est ce qui se produit chez ceux qui travaillent en ayant le tronc toujours incliné du même côté : menuisier devant son établi, serrurier devant son étau...

C Comment doit-on se tenir en étant assis ?

D Le corps ne repose que sur la fesse gauche et le bras gauche. Cette mauvaise attitude, souvent répétée, provoque une déviation latérale de la colonne vertébrale ou scoliose.

effets durables

Souplesse des articulations et amélioration de la commande nerveuse; nous en reparlerons bientôt.

Stimulation des fonctions de nutrition; elle résulte :
— de l'accroissement de volume de la cage thoracique et de l'augmentation de la capacité vitale qui atteint 7 litres chez les bons nageurs. Ainsi, à tout moment, l'organisme dispose de la quantité d'oxygène dont il a besoin et, même au cours d'un effort violent, il ne se produit pas d'essoufflement;
— de l'augmentation du débit sanguin parce que le muscle cardiaque grossit et se fortifie : les contractions cardiaques sont plus énergiques et, à chaque contraction, le cœur envoie plus de sang dans les vaisseaux. Cet accroissement de la circulation a pour conséquence une augmentation de la sécrétion des glandes digestives, d'où une meilleure digestion, et un bon fonctionnement du foie et des reins de sorte que l'épuration est accrue;
— du bon fonctionnement de l'intestin : la contraction des muscles abdominaux détermine un véritable massage de l'intestin, ce qui évite la constipation.

La pratique d'exercices musculaires a des effets durables :
- **la souplesse des articulations et l'amélioration de la commande nerveuse;**
- **la stimulation de toutes les fonctions de nutrition (respiration, circulation, digestion, excrétion) se manifeste par un appétit régulier, une croissance normale, une grande résistance aux maladies contagieuses (tuberculose, grippe...).**

IV Dangers de l'excès d'exercice musculaire

la fatigue musculaire

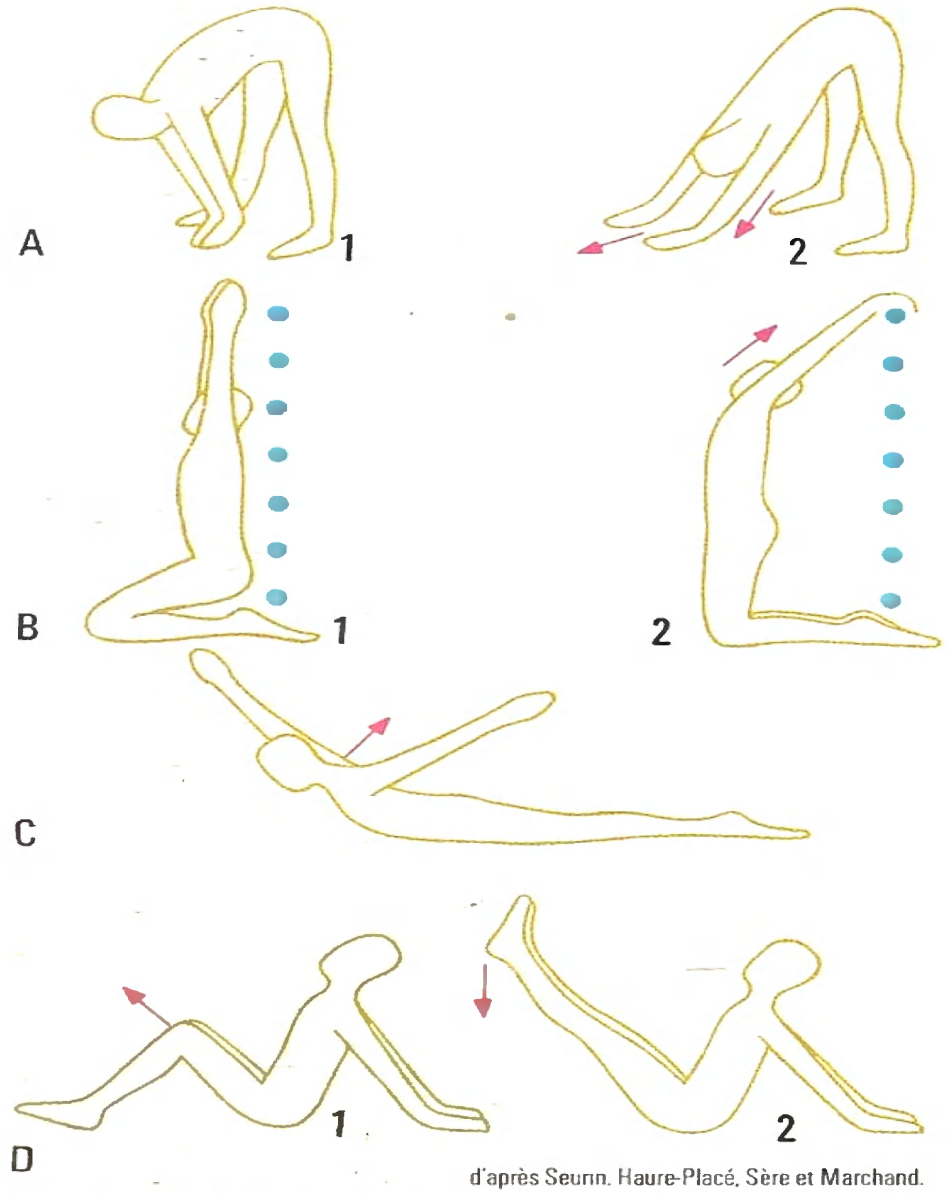
Quand certains muscles travaillent longtemps, il y a accumulation de produits de déchets, car le sang n'arrive plus à entraîner les substances formées; on voit alors apparaître les symptômes de la fatigue musculaire : raideur des muscles, contraction lente... Par le repos, ces symptômes disparaissent.

le surmenage musculaire

Il est provoqué par des excès répétés et se traduit par une élévation de la température, des maux de tête, de l'insomnie, la perte de l'appétit... Cet état conduit à l'affaiblissement de l'organisme qui prédispose à la tuberculose. De plus, le cœur surmené bat parfois trop vite (palpitations) et, à la longue, il se produit de graves maladies de cœur.

Le surmenage musculaire affaiblit l'organisme et prédispose à la tuberculose. A la longue, le surmenage musculaire peut provoquer de graves maladies de cœur.

6 des exercices d'Éducation physique



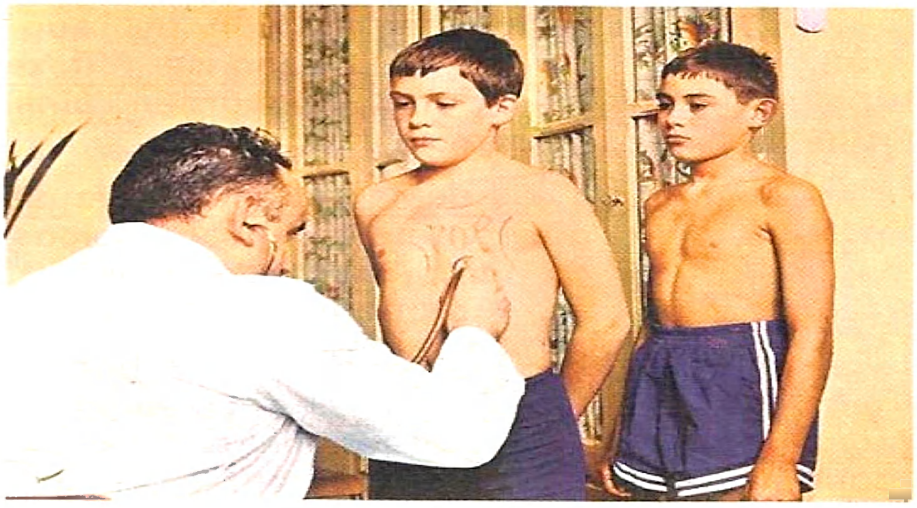
d'après Seurin, Haure-Placé, Sère et Marchand.

A Un exercice d'assouplissement et d'étirement lombaire : en station écartée, les mains à plat sur le sol, on les pose le plus loin possible des pieds; le dos doit être plat et les jambes tendues.

B Un exercice vertébral : à genoux, le corps se redresse et les mains s'accrochent à l'espalier le plus haut possible en laissant la région lombaire bien verticale.

C Un exercice développant la musculature dorsale : à plat ventre, la partie antérieure du corps se redresse et l'on monte les bras sans lever les jambes.

D Un exercice développant la musculature abdominale : les mains appuyées en arrière, les jambes fléchies, on étend les jambes à 45°, puis on les descend lentement bien tendues.



7 le contrôle médical scolaire

Le médecin de l'établissement doit apprécier l'inaptitude partielle ou totale à l'Éducation physique et dépister les affections qui ne permettent pas de prendre part aux compétitions. Ci-contre, au cours d'une séance d'Éducation physique, que fait le médecin ?

18 hygiène du système nerveux

Après plusieurs heures de travail intellectuel, le cerveau est fatigué. Cette fatigue nerveuse se traduit par une diminution de l'attention et de la mémoire, par un faible rendement, par de l'irritabilité, par une grande émotivité. L'étude des réflexes montre alors que le temps de réaction est augmenté, autrement dit que la réponse réflexe est plus lente qu'au début de la journée; ainsi tout le système nerveux se fatigue.

Les principales causes de la fatigue nerveuse sont le manque de sommeil, les agressions sensorielles (bruits, trépidations, lumières), les contrariétés, les émotions, les soucis...

L'hygiène du système nerveux a pour but de dégager les règles qu'il est bon de suivre :
— pour conserver un bon équilibre nerveux;
— pour améliorer le rendement nerveux.

A la fatigue nerveuse dans les villes

Ceux qui, pour se rendre à leur travail, doivent prendre plusieurs moyens de transport (autobus, train...) ou qui sont toujours pressés éprouvent, au bout d'un certain temps, l'impression d'épuisement : c'est de la fatigue nerveuse; d'où le besoin qu'ont les citadins de fuir, dès que possible, cette vie bruyante et agitée.

B C les bienfaits de la détente

B Au bord de la mer, aux heureux effets de la vie au grand air et des rayons solaires sur l'organisme s'ajoutent les bienfaits de la détente.

C Les élèves des « classes de neige », qui ne travaillent qu'à mi-temps, éprouvent les bienfaits de la détente et la joie de l'effort physique. A tout cela s'ajoute un « bol d'air » dont ils tirent profit pendant des mois.

D de la nécessité d'un bon éclairage

Pour travailler sans fatigue visuelle, et, partant, sans accroître la fatigue nerveuse, il faut un éclairage de fond, obtenu à l'aide de sources lumineuses placées le plus haut possible afin d'éviter l'éblouissement, et un éclairage localisé sur le plan de travail.

hygiène du système nerveux

Comment on garde un bon équilibre nerveux

en sachant se reposer

Le sommeil est un besoin primordial pour l'équilibre nerveux. Le sommeil profond est le repos absolu du système nerveux : c'est la suspension de la vie mentale et de l'activité musculaire volontaire; seules les fonctions de nutrition se poursuivent. Le temps qui doit être consacré au sommeil est variable suivant l'âge **1** et d'un sujet à un autre.

La détente est le besoin de « vider » le cerveau de ses préoccupations; c'est pourquoi tout changement d'activité : musique, travaux manuels (« bricolage », jardinage...), jeux, sports, repose du travail intellectuel. L'insuffisance de détente conduit, à la longue, au surmenage intellectuel qui se manifeste par une grande lassitude, de l'anxiété, des « idées noires », des insomnies; il mène à la neurasthénie.

en évitant les agressions sensorielles

Les bruits et les lumières provoquent d'abord une excitation; puis, à la longue, une fatigue nerveuse. Celle-ci conduit à rechercher plus de bruits (radio, par exemple), plus de lumières; ce qui, finalement, engendre des troubles nerveux et cardiaques.

en évitant les contrariétés et les soucis

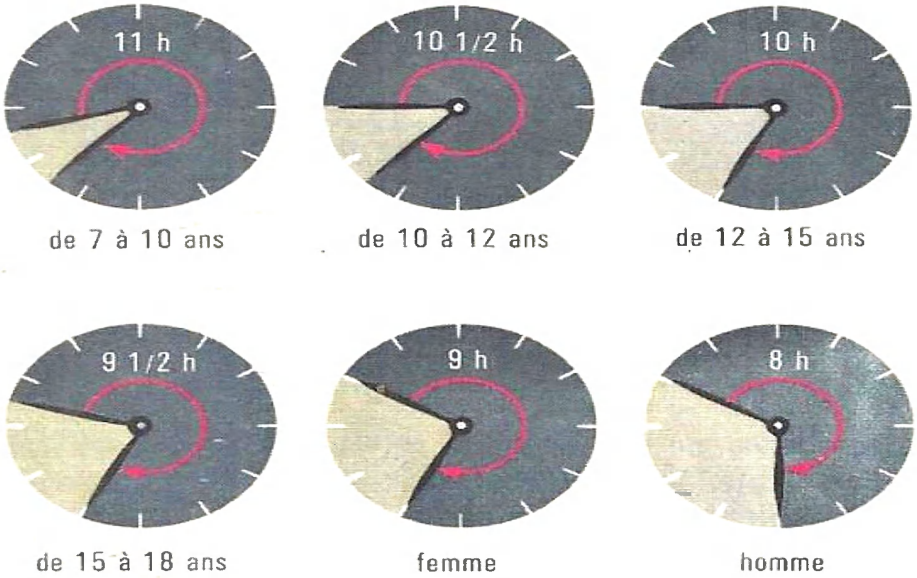
Les contrariétés et les soucis sont une cause fréquente de fatigue nerveuse; d'où l'importance :
— du milieu familial : bonne entente entre les membres de la famille, confort de l'habitation, qualités ménagères de la maîtresse de maison...;
— de l'orientation professionnelle conforme aux aptitudes et aux goûts;
— des soucis d'argent (salaires insuffisants...).

Pour garder un bon équilibre nerveux, il faut éviter les causes de fatigue nerveuse : manque de sommeil, absence de détente, bruits, lumières, contrariétés et soucis.

en n'abusant pas des excitants

Le café et le thé ne doivent être consommés qu'en petite quantité et les enfants ne doivent pas en prendre, car le café et le thé contiennent chacun un excitant (caféine, théine) qui provoque l'irritabilité, l'insomnie...

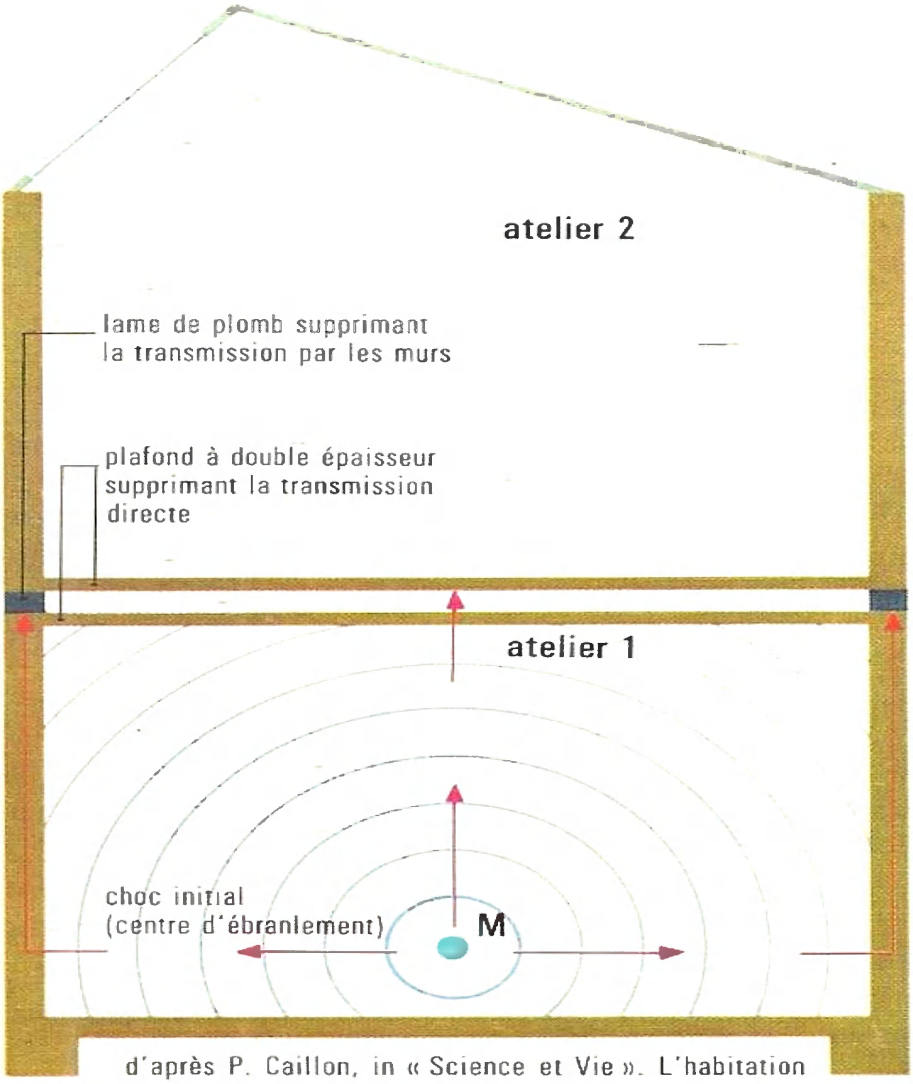
Le tabac est aussi un excitant du système nerveux, mais aussi une substance toxique par la nicotine qu'il contient (2 gouttes de nicotine pure suffisent pour tuer un chien). L'abus du tabac produit une intoxication qui se traduit par une perte de mémoire, des tremblements, des troubles cardiaques...



1 le besoin de sommeil

Pendant une semaine notez, chaque soir, l'heure à laquelle vous vous couchez et, le lendemain, l'heure de votre lever. Regardez les schémas ci-contre et concluez.

Les excitations auditives ou visuelles provoquent des perturbations du sommeil; d'où l'importance du calme et de l'obscurité pour que le sommeil soit réparateur.



d'après P. Caillon, in « Science et Vie ». L'habitation

2 comment on évite la transmission des bruits

Lors de la construction des ateliers, on doit prévoir :

- l'isolation phonique des ateliers les uns par rapport aux autres :
  — des plafonds à double épaisseur empêchent la transmission directe des bruits;
  — des plaques de plomb, placées dans les murs, s'opposent à la transmission des sons par les murs;
- l'insonorisation des locaux par l'emploi de matériaux légers et poreux qui absorbent les sons et suppriment leur réflexion sur les murs et les plafonds; c'est pourquoi on effectue des revêtements de fibrociment sur une couche de laine de verre.

en bannissant les poisons nerveux

L'alcool est un redoutable poison pour les cellules nerveuses; c'est pourquoi l'ingestion d'alcool provoque une diminution de la mémoire **3** et l'alcoolisme cause des troubles nerveux (lesquels ?). Les « dopants » accroissent momentanément la résistance à la fatigue et permettent de diminuer la durée du sommeil; mais, au bout d'un certain temps, il se produit un « vide cérébral ».
Les tranquillisants diminuent les réactions émotives, mais aussi les possibilités intellectuelles. En outre, chez certains sujets, l'emploi de ces substances peut provoquer de graves intoxications.

Pour conserver un bon équilibre nerveux, il faut éviter les excitants (café, thé, tabac), bannir l'alcool et n'employer les tranquillisants que sur prescription médicale.

II Comment on améliore le rendement nerveux

en développant l'automatisme

Conduire une voiture, apprendre un métier manuel demandent, au début, une dépense nerveuse importante; d'où une grande fatigue nerveuse pour des séances de courte durée. Peu à peu, la répétition des mêmes gestes accroît la rapidité des mouvements et leur précision, tout en diminuant la fatigue nerveuse : on a créé l'automatisme.

en perfectionnant la commande nerveuse

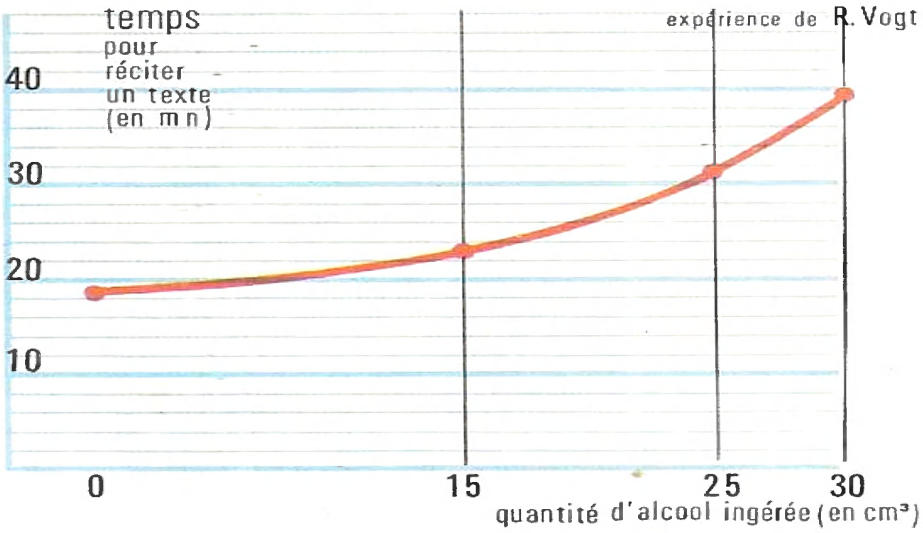
La pratique des jeux d'adresse (tennis, tennis de table **4**, escrime...) ou de danses rythmiques a pour effet de développer l'adresse, de donner de l'aisance, de la souplesse, car ils permettent une meilleure coordination des mouvements grâce au perfectionnement de la commande nerveuse.

en veillant à la santé

Il faut éviter la sédentarité, car elle favorise l'accumulation des déchets de la nutrition dans l'organisme (pourquoi ?); or, ces substances nocives gênent le fonctionnement des cellules nerveuses.

Il faut aussi avoir une bonne hygiène alimentaire :
— éviter l'excès de protides et de corps gras, sinon les déchets formés causent des maux de tête;
— avoir une alimentation variée, car les cellules nerveuses ont des besoins particuliers en acides aminés, en substances phosphorées, en vitamines.

Pour améliorer le rendement du système nerveux, il faut :
- **diminuer la dépense nerveuse en développant l'automatisme et en perfectionnant la commande nerveuse;**
- **veiller à la santé en évitant la sédentarité et en suivant certains préceptes d'hygiène alimentaire.**



3 l'alcool et la mémoire

Un sujet apprend un texte; on détermine le temps qu'il lui faut pour le réciter sans erreur : environ 18 secondes. Puis on effectue la même mesure après que le sujet ait absorbé une boisson alcoolisée.

Que constatez-vous pour 25 cm^3 d'alcool ? Qu'en concluez-vous ?

4 un jeu d'adresse

C'est le tennis de table que l'on peut pratiquer, à deux ou à quatre, dans un espace restreint. Les joueurs doivent faire preuve de rapidité, de souplesse, de précision. Quand on a le souci de la perfection du jeu, il faut beaucoup d'application et ce jeu donne l'esprit sportif.

5 le scoutisme

Les jeunes ont un grand besoin d'évasion, de mouvement, d'effort, d'air, de soleil.

Le scoutisme leur apporte tout cela et leur procure l'équilibre nerveux en leur imposant un changement d'activité et du repos dans un milieu sain et vivifiant.

19 les microbes

On appelle microbe tout organisme de petite taille qui ne peut être vu sans le concours d'un microscope, que ce micro-organisme soit inoffensif (levure de bière, par exemple) ou qu'il soit pathogène, c'est-à-dire capable de provoquer une maladie.

Mais tous les microbes ne sont pas visibles au microscope optique, même le meilleur; c'est pourquoi on distingue deux catégories :
— les microbes visibles au microscope, ils appartiennent aux trois groupes suivants : les Protozoaires, les Champignons microscopiques et les Bactéries;
— les microbes visibles seulement au microscope électronique dans lequel le faisceau de lumière est remplacé par un faisceau d'électrons : ce sont les virus dont la taille varie de 0,2 à 0,01 μ (comme nous l'avons dit page 117, le micron μ vaut 1/1 000 de mm).

Ces documents vous prouvent l'importance des microbes et vous permettent de rechercher divers aspects de leur mode de vie.

A B le charbon des céréales

Ce sont des champignons microscopiques qui vivent en parasites dans les grains : maïs (à gauche), blé (à droite), avoine... La poudre noire est formée d'un amas de spores.

C la maladie du sommeil

Elle est due à un protozoaire, le trypanosome, qui est introduit dans le sang par la piqûre d'une mouche.

D la teigne tondante

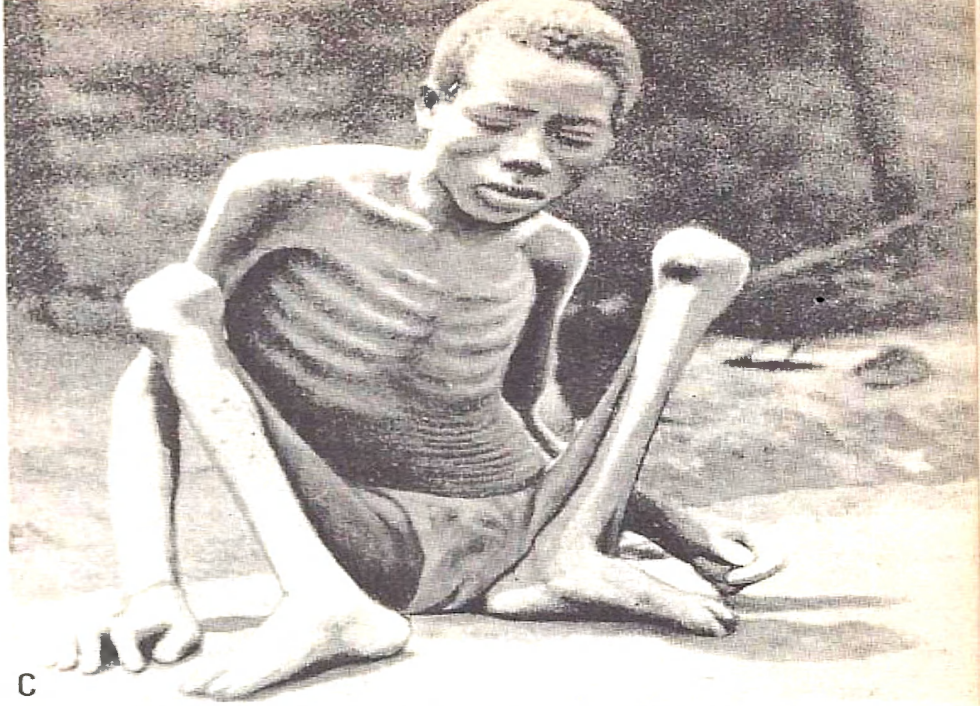
Un champignon microscopique (le trichophyton) vit en parasite dans les cheveux et provoque leur chute.

E la pourriture des agrumes

Les taches vertes, cernées de blanc, que l'on voit sur les citrons et les oranges, sont formées par un champignon microscopique, une moisissure verte (le pénicille digité) qui vit en saprophyte.

F la mosaïque du tabac

C'est une maladie due à un virus qui se trouve dans le sol. Les feuilles de tabac présentent d'abord des parties vert clair disposées en mosaïque, puis elles meurent avant la maturité.


C

D

E

F

Observations

observation vitale du bacille subtil

Il est nécessaire de se procurer une petite poignée de foin et d'opérer comme il est dit page 195, **1** ; pourquoi dit-on que l'on a préparé une décoction ?

A Quand la décoction de foin vient d'être filtrée, comment est le liquide recueilli ?

B Que devient ce liquide quand on le met, pendant 2 ou 3 jours, dans une étuve à 25° ? En opérant comme il est dit page 3, réalisez deux préparations microscopiques :

- l'une en prélevant une goutte à l'intérieur du liquide de la fiole B ;
- l'autre en prélevant un fragment du voile qui recouvre le milieu.

Observez vos préparations au même grossissement et notez vos observations, puis dessinez l'une et l'autre.

Dans une culture préparée depuis une dizaine de jours, prélevez un peu de la boue qui se trouve au fond du récipient et réalisez une préparation. Sur celle-ci, au microscope, recherchez des spores.

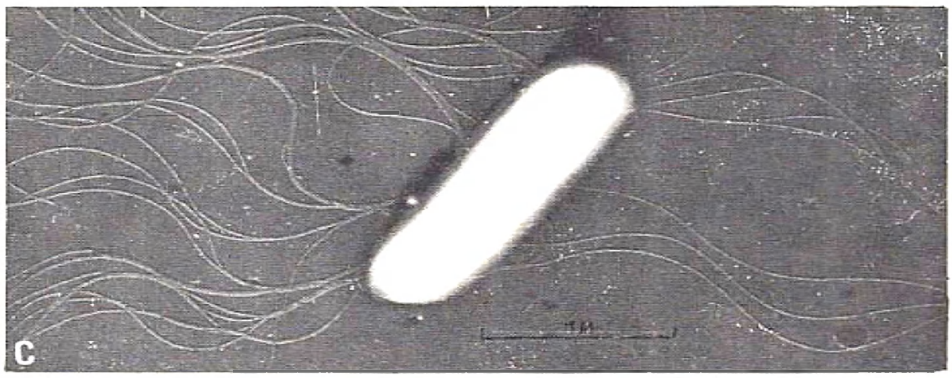
regardez des électronographies

Ce sont des photographies prises au microscope électronique :

- en C, la technique employée met en évidence les cils d'un bacille ;
- en D, un bacille subtil se divise ;
- en E, une spore est formée dans le bacille.

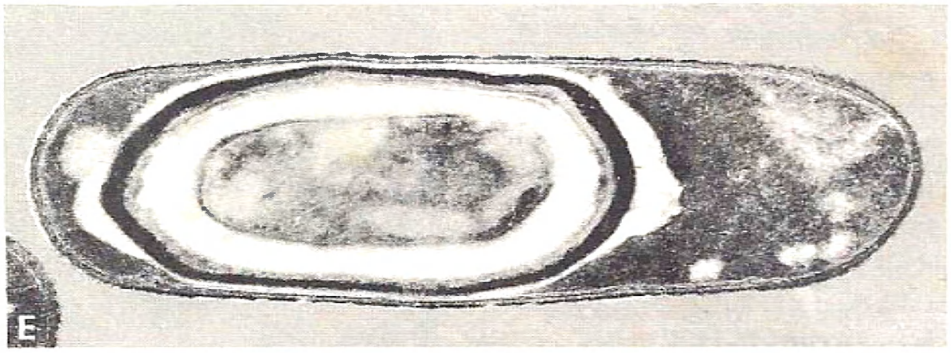
A

B



C

D



E

Si vous avez la possibilité de visiter un laboratoire de bactériologie, demandez que l'on vous montre le matériel et les milieux de culture utilisés, les procédés employés pour stériliser le matériel et pour ensemencer les divers milieux.

regardez une étuve

C'est une étuve à chauffage électrique avec thermostat permettant de régler la température à 1/2 degré près; il existe deux possibilités pour le chauffage :

- l'un, doux, pour les cultures de bactéries;
- l'autre, fort, pour stériliser le matériel.

observez des cultures

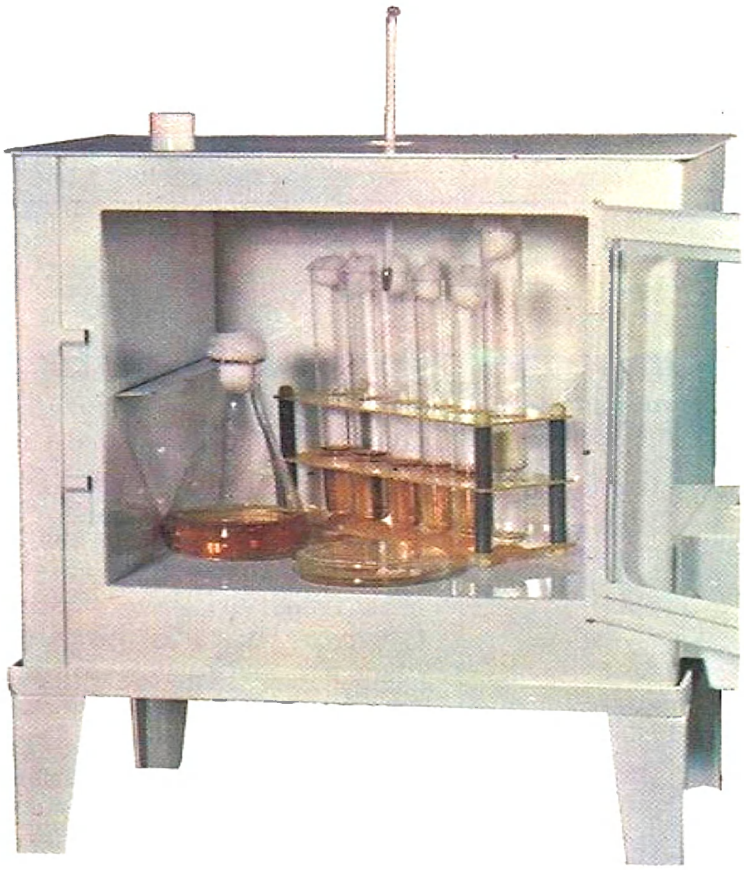
A Dans une boîte circulaire, en verre, avec couvercle, appelée boîte de Pétri, contenant de la gélose peptonée, il existe de nombreuses taches : ont-elles le même aspect ? la même couleur ? Concluez !

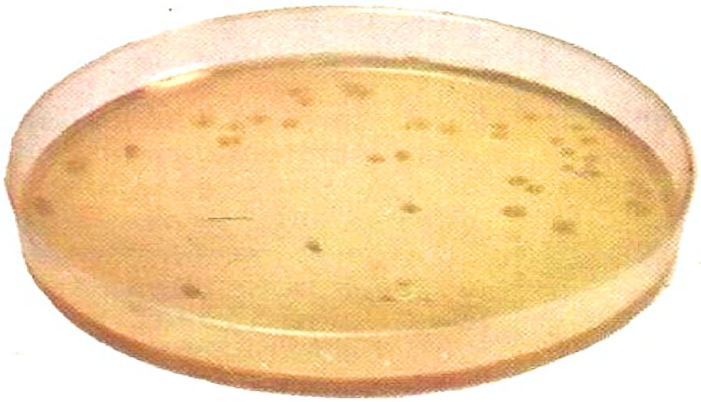
B-E Observez des cultures pures de la même espèce de bactérie (ci-contre, le bacille du charbon) :

- sur gélatine, par piqûre : en B, au bout de 2 jours; en C, 8 jours;
- sur gélose à surface inclinée D, après 3 j.;
- sur bouillon E;

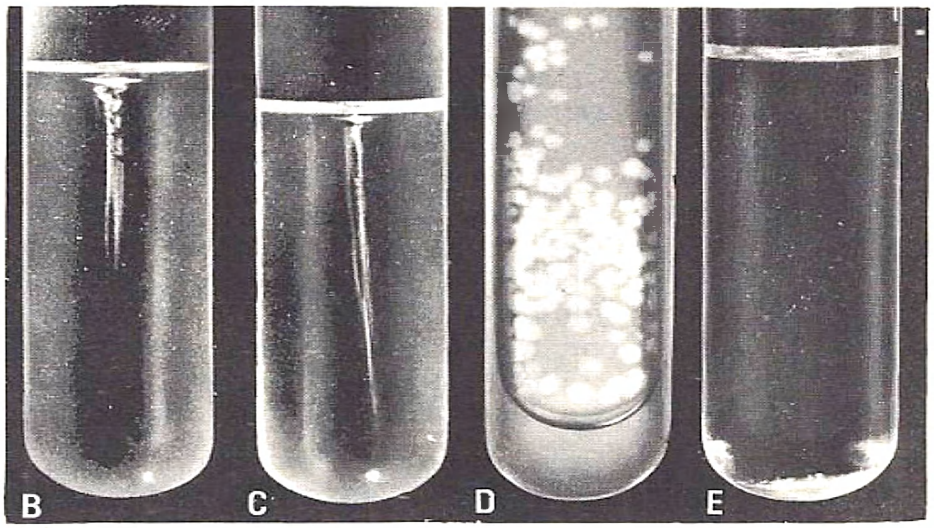
qu'en concluez-vous ?

Dans une étuve, une boîte de Pétri est placée couvercle en dessous; sinon l'eau retomberait sur le milieu et répartirait les germes uniformément.





A



Observation du bacille subtil

ses deux aspects

Quand on observe au microscope, au bout de 2 à 3 jours, une décoction de foin filtrée **1** D, on voit que :
— dans le liquide, il existe de fins éléments ayant 1 µ de diamètre et de 3 à 5 µ de long **2** A : ce sont des bactéries; du fait de leur forme en bâtonnets, très fins, on leur a donné le nom de bacille subtil. Chaque bacille est formé d'une masse de cytoplasme, en apparence sans noyau (en fait, on a mis en évidence un noyau dans certaines bactéries), entourée d'une membrane recouverte d'une couche gélatineuse **2** B; le bacille porte des cils;
— à la surface du liquide, le voile est constitué de bacilles dépourvus de cils et placés bout à bout en formant des filaments qui se soudent latéralement grâçe à la couche de gelée qui entoure les bacilles.

- Une bactérie est un microbe en apparence sans noyau.
- Une bactérie qui a la forme d'un bâtonnet est un bacille.
- Selon le milieu, la forme d'une bactérie peut différer.

son mode de vie

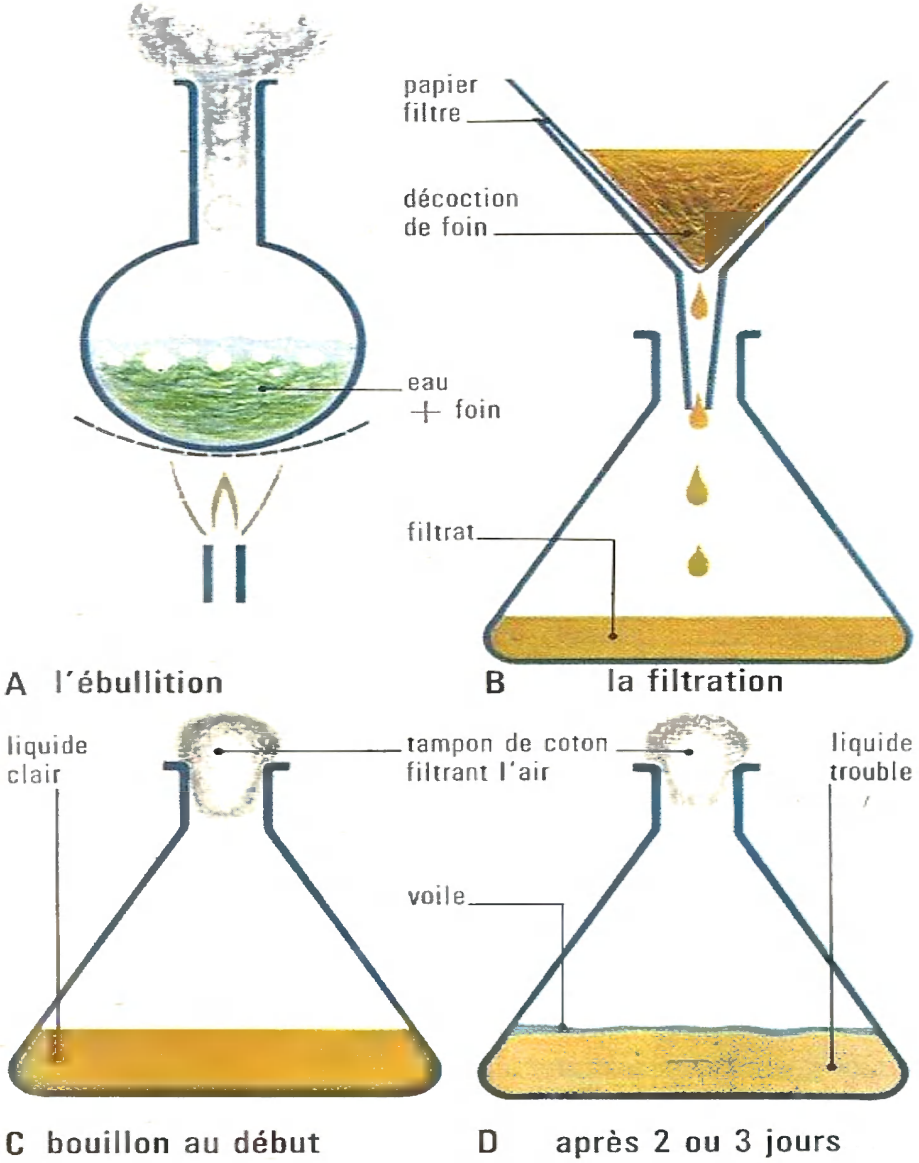
En faisant bouillir le foin dans l'eau, on a provoqué l'éclatement des cellules de l'herbe : on a obtenu une décoction contenant des substances nutritives carbonées. Celles-ci passent à travers la membrane limitant les bacilles et elles sont utilisées pour fabriquer de la « matière vivante »; c'est ainsi qu'un bacille peut s'allonger **2** A. Comme le bacille subtil vit aux dépens de déchets, on dit qu'il vit en saprophyte (du grec : sapros, pourri, et phyton, plante).
Le bacille subtil utilise l'oxygène dissous dans le liquide et élimine des déchets dans le milieu.

Le bacille subtil vit aux dépens des substances nutritives carbonées contenues dans le bouillon de culture : il vit en saprophyte. Il utilise l'oxygène dissous dans le milieu.

sa multiplication

Dans une goutte du bouillon de culture, on observe des bacilles de différentes longueurs et d'autres disposés par deux, bout à bout **2** A; voici pourquoi : les bacilles s'allongent, puis se coupent en deux; on dit que les bacilles se multiplient par division; il en est ainsi toutes les 20 minutes, de sorte que les bacilles pullulent rapidement dans le bouillon.

Quand le bouillon de culture est riche en substances nutritives, les bacilles subtils se multiplient par division.



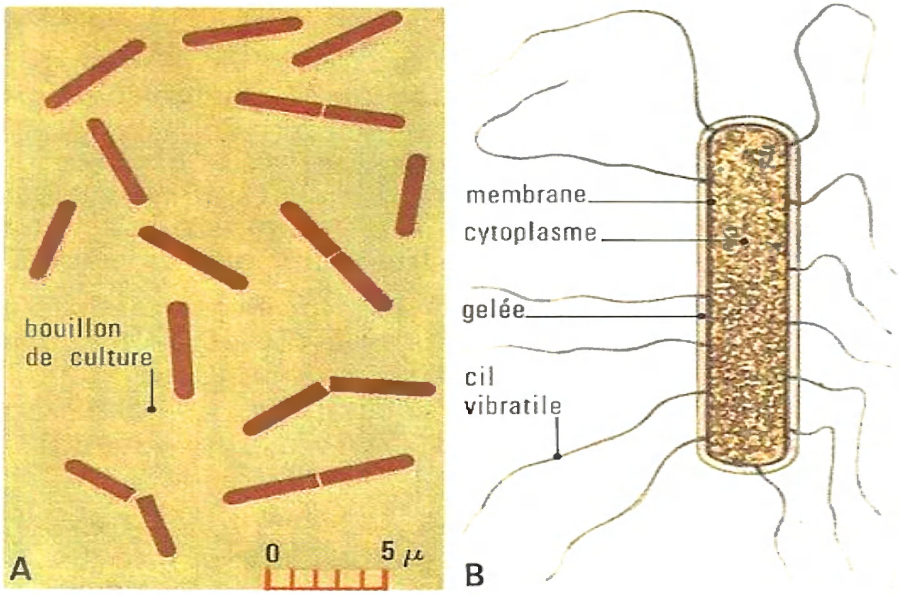
1 comment on réalise une culture de bacille subtil

A On fait bouillir pendant quelques minutes de l'eau contenant une boulette de foin : on obtient une décoction.

B On filtre la décoction de foin et l'on recueille le filtrat dans une fiole où l'on a fait bouillir longuement de l'eau, pourquoi ?

C On bouche la fiole avec un tampon de coton. Comment est le liquide au début ?

D Et au bout de 2 ou 3 jours ? Qu'existe-t-il à la surface ?



2 le bacille subtil

A L'aspect d'une préparation obtenue en prélevant une goutte à l'intérieur du liquide de la fiole 1, D. Tous les bacilles ont-ils la même longueur ? Pourquoi sont-ils si nombreux dans le bouillon de culture ? A sa surface, les bacilles se séparent-ils ?

B Schéma, très grossi, d'un bacille subtil. Les cils sont animés de vibrations, d'où le nom de cils vibratiles qu'on leur a donné.

les spores

Du fait du grand nombre de bacilles existant dans le bouillon, les substances nutritives s'épuisent; de plus, comme les bacilles éliminent des déchets, le milieu devient impropre à la vie des bactéries. C'est alors que le cytoplasme se contracte au centre de chaque bacille subtil **3** A et s'entoure d'une enveloppe résistante : une spore s'est formée. Si l'on dépose des spores sur une lame portant une goutte de bouillon fraîchement préparé, on observe, au microscope, que l'enveloppe de chaque spore se fend et que, par la fente, sort un bacille **3** B.

Dans un bouillon de culture défavorable, chaque bacille engendre une spore : c'est un micro-organisme à l'état de vie ralentie puisque, dans un milieu favorable, il donne un bacille.

l'action des agents externes

Quand on porte à l'ébullition une culture de bacilles subtils, les bacilles sont tués; mais les spores ne sont pas détruites. Pour faire mourir les spores, il faut porter le liquide à 110° pendant une heure.

Dans l'air sec, pour détruire une spore sur un objet (lame, brin d'herbe...), il faut atteindre 180°.

Comme les spores ne sont pas altérées par la dessiccation, même après un séjour de plusieurs mois à la surface du foin, ni par l'ébullition, ce sont les spores qui existaient sur le foin qui sont à l'origine de la culture que nous avons obtenue; ainsi :

La spore est une forme très résistante du bacille subtil.

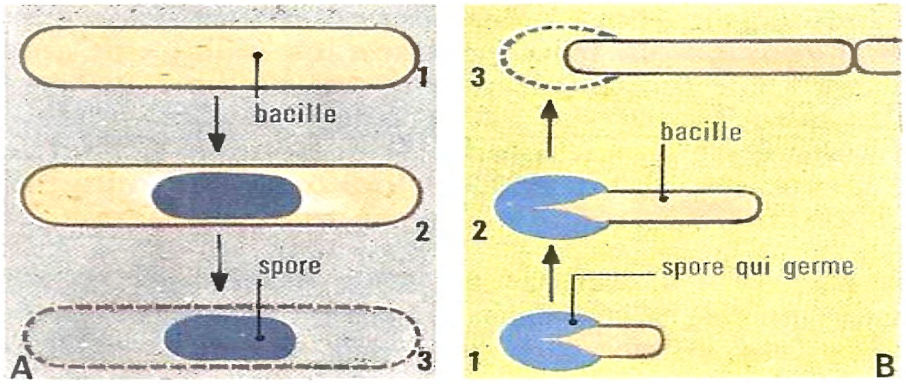
II Cultures en milieux stériles

les milieux de culture pour bactéries

Milieux liquides : on emploie le plus souvent :
— un bouillon de viande dégraissé et enrichi en substances nutritives par addition de peptones (20 g par litre); on peut aussi mettre 5 g d'extrait de viande du commerce par litre d'eau distillée;
— un bouillon végétal : nous avons utilisé une décoction de foin pour cultiver le bacille subtil.

Milieux solidifiés : ce sont des bouillons auxquels on ajoute une substance non nutritive (gélose ou gélatine) qui, en se refroidissant, donne une gelée. La gélose ou agar-agar est extraite de diverses algues. La gélatine provient des os; elle a l'inconvénient de devenir liquide au-dessus de 22°.

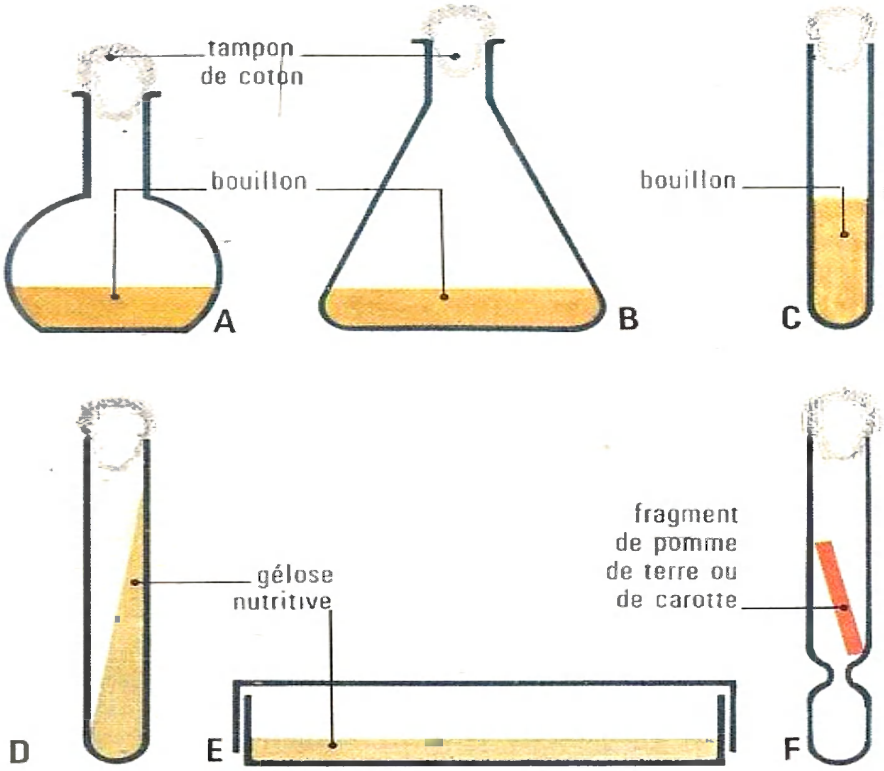
Milieux solides : on utilise la pomme de terre, riche en amidon, et la carotte, riche en sucre, que l'on découpe en longs parallélépipèdes **4** F.



3 les spores

A Formation d'une spore au centre d'un bacille subtil. Que devient la membrane du bacille lorsque la spore est formée ?

B Germination d'une spore lorsqu'elle est mise dans un bouillon de culture que l'on vient de préparer.



4 récipients et milieux utilisés pour les cultures

A Petit ballon à fond plat contenant un bouillon de culture.

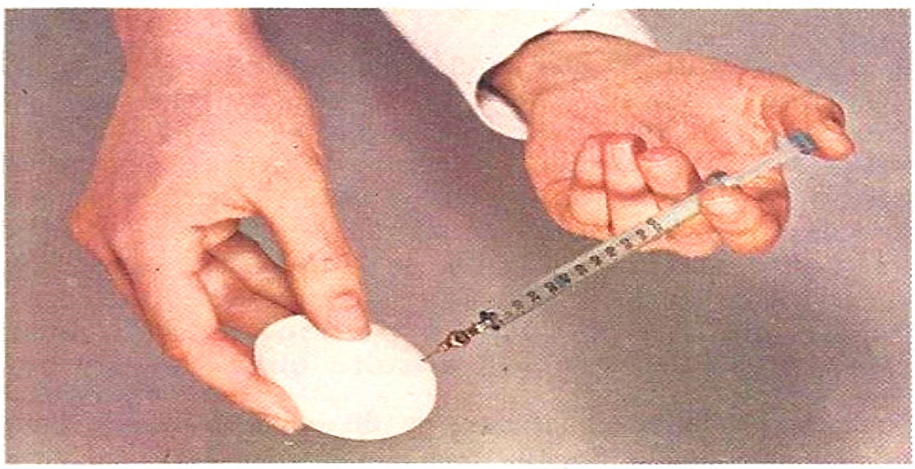
B Fiole utilisée pour culture sur bouillon.

C Tube à essais renfermant un bouillon.

D Tube à essais contenant de la gélose nutritive; pendant le refroidissement de celle-ci, on a incliné le tube pour avoir une surface plus grande.

E Boîte de Pétri.

F Tube de Roux : l'eau condensée se rassemble au fond du tube.



5 culture de virus

Les virus ne se multiplient qu'à l'intérieur des cellules des êtres vivants; il est impossible de cultiver les virus sur des bouillons ou de la gélose; c'est pourquoi, ici, on ensemence des virus dans un œuf de poule incubé depuis quelques jours seulement.

comment on stérilise les milieux

La stérilisation est la destruction de tous les germes : ceux qui se trouvent dans les milieux et ceux qui sont sur les parois des récipients; on utilise :
— un autoclave (page 211) dans lequel les milieux de culture et les récipients sont soumis à l'action de la vapeur d'eau à 120° pendant 30 minutes;
— à défaut d'autoclave, un autocuiseur ménager.

Pour cultiver des bactéries on utilise des milieux stériles, c'est-à-dire des milieux dans lesquels on a détruit tous les germes; ces milieux sont dans des récipients stérilisés.

comment on fait un ensemencement

Pour ensemencer un milieu solidifié (gélose nutritive, par exemple) contenu dans une boîte de Pétri (le tout ayant été stérilisé à la chaleur), on peut :
— y verser quelques gouttes d'eau ordinaire que l'on fait couler, en tous sens, sur le milieu;
— poser le doigt sur le milieu de culture;
— y enfermer, quelques instants, une mouche.
On met ensuite la boîte de Pétri dans une étuve, en retournant la boîte; au bout de deux jours, des taches apparaissent sur la gélose et grandissent vite; leur forme n'est pas la même et leur couleur non plus **6** A : certaines sont blanches, d'autres jaunes, roses, violettes... Chacune de ces taches est une colonie, car tous les microbes d'une même tache appartiennent à la même espèce.

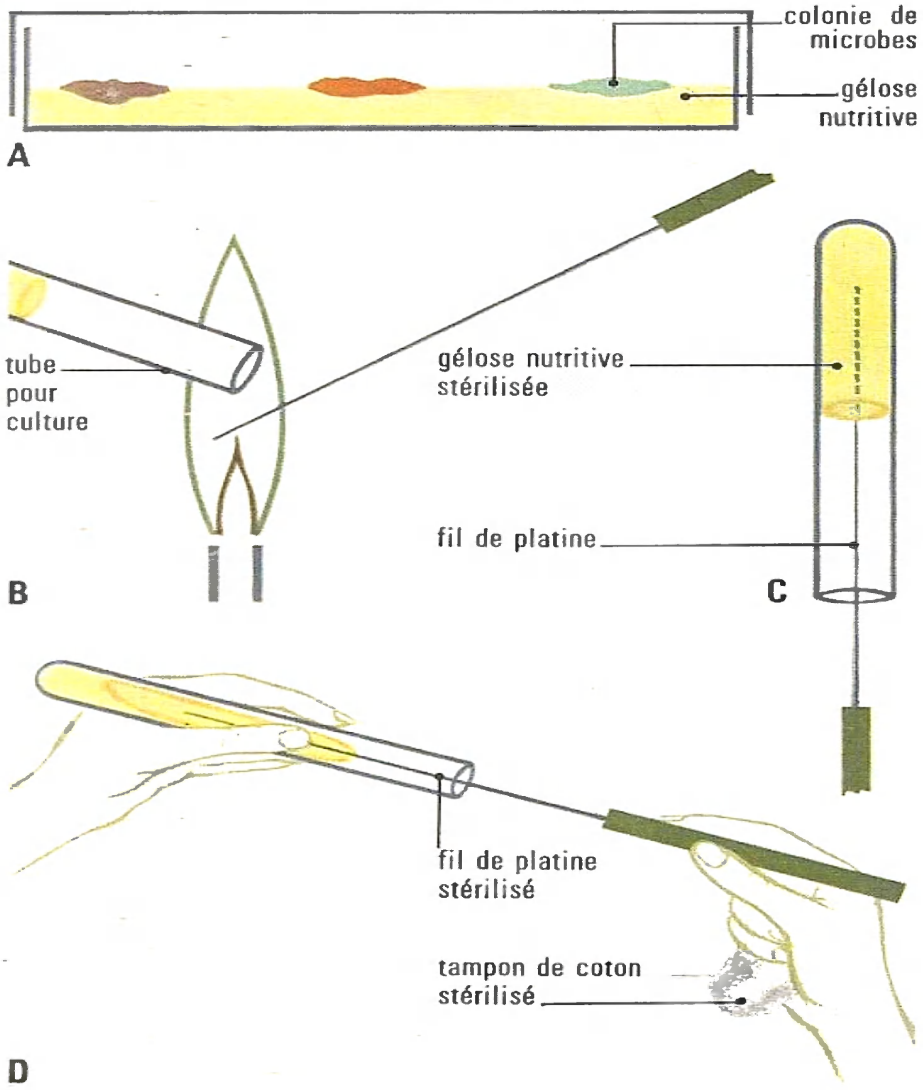
comment on obtient une culture pure

Pour étudier les différentes espèces qui se trouvent dans une culture, il faut les isoler, c'est-à-dire les cultiver séparément par repiquage :
— on porte au rouge, dans une flamme, un fil de platine emmanché afin de le stériliser **6** B;
— avec le fil de platine stérilisé on touche l'une des taches dans la boîte de Pétri, puis on enfonce le fil dans un nouveau milieu solidifié **6** C ou on fait une strie à sa surface **6** D; on bouche le tube avec le coton stérilisé et on le met dans une étuve.

comment on détermine les espèces

La détermination des espèces cultivées se fait :
— d'après l'aspect des cultures pures sur un milieu nutritif déterminé;
— par l'examen microscopique d'une préparation obtenue en étalant un peu d'une culture sur une lame et après coloration convenable : d'après la forme des bactéries, on distingue différents types **7**;
— par inoculation à un animal (souris, cobaye...), lorsqu'il s'agit d'un microbe pathogène, et d'après les symptômes observés ensuite chez cet animal.

D'après la forme des bactéries, on distingue 4 grands groupes : les coques, les bacilles, les vibrions et les spirochètes.



6 culture de bactéries

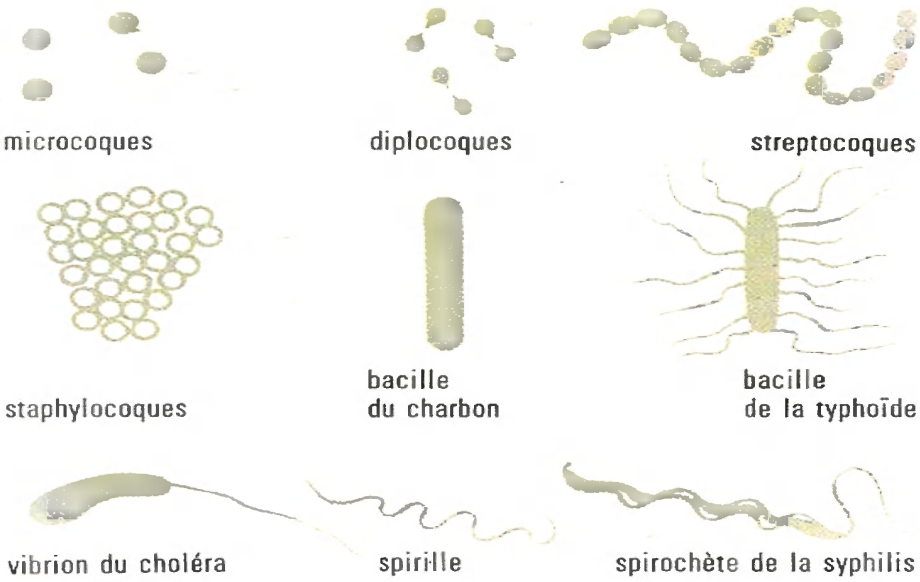
A Que s'est-il formé sur la gélose dans cette boîte de Pétri ?

B Pour faire un ensemencement, on flambe un fil de platine ainsi que l'orifice du tube; dites pourquoi.

C Culture par piqûre : comment fait-on ?

D Cultures par stries : on déplace le fil de platine, qui porte des bactéries, sur la surface de la gélose. Pourquoi l'orifice du tube est-il dirigé vers le bas ?

La gélose nutritive est un bouillon de viande auquel on a ajouté de la peptone et, par litre, 20 g de gélose que l'on a laissée gonfler dans de l'eau pendant quelques heures. On fait bouillir le tout et on filtre le liquide bouillant en le recueillant dans les récipients choisis : tube, boîte de Pétri... La gélose nutritive se solidifie vers 40°.



7 différents types de bactéries

Les coques sont arrondies; quel nom leur donne-t-on lorsque les éléments sont isolés ? par deux ? en chaînette ? en grappe de raisin ?

Les bacilles ont la forme de bâtonnets possédant ou non des cils.

Les vibrions, en forme de virgule courte, ont un ou plusieurs cils.

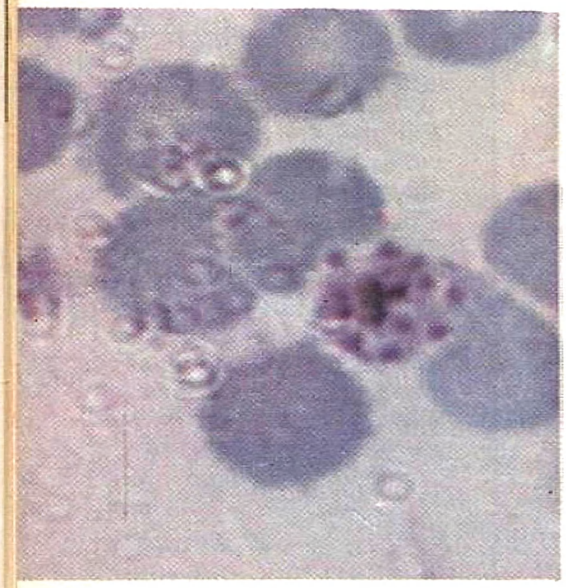
Les spirilles sont des bactéries en forme de filament spiralé.

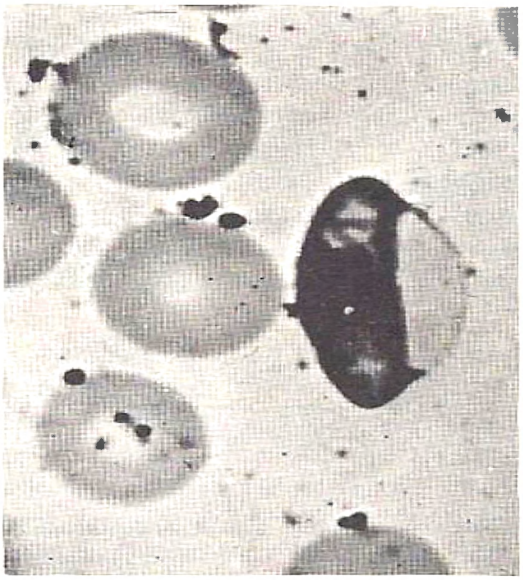
Les spirochètes sont des bactéries sinueuses

différents types de microbes

l'amibe de la dysenterie

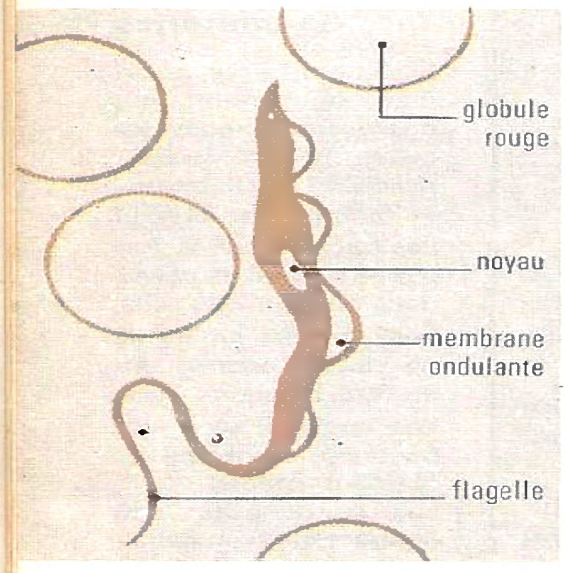
A l'intérieur, il existe des globules rouges en voie de digestion. L'amibe peut s'entourer d'une coque résistante et former un kyste. Lorsque des kystes pénètrent dans notre tube digestif avec des légumes consommés crus, les amibes reprennent leur vie active, se multiplient rapidement et provoquent des selles fréquentes (une dizaine par jour) et sanguinolentes : c'est la dysenterie.

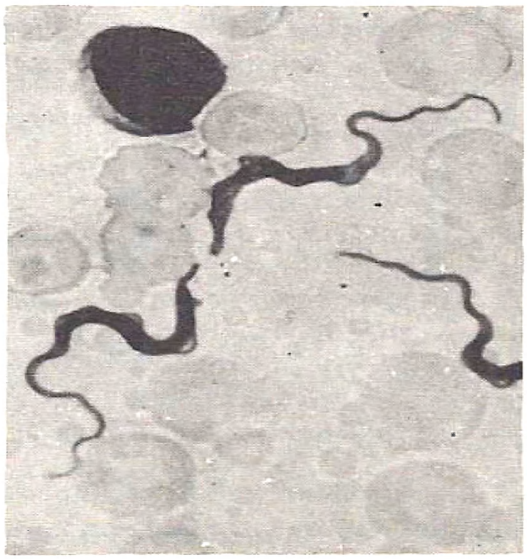




l'hématozoaire

C'est un protozoaire qui est transmis à l'homme par la piqûre d'un moustique, l'anophèle. Arrivé dans le sang, l'hématozoaire pénètre dans un globule rouge, grossit, et son noyau se divise (à gauche). Lorsque le globule parasité éclate, de nombreux hématozoaires en forme de croissant (à droite) se répandent dans le sang en causant un accès de fièvre : c'est le paludisme.

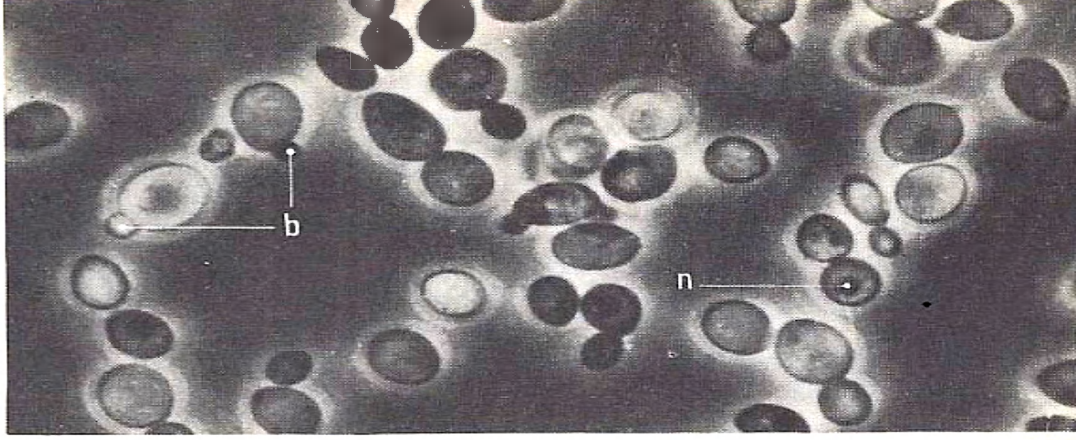




le trypanosome

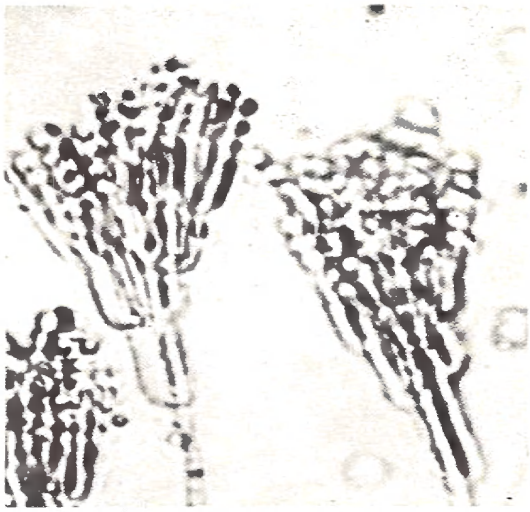
Il se déplace dans le sang grâce à sa membrane ondulante et à son flagelle. Le trypanosome se multiplie et provoque des accès de fièvre. Six mois après, les trypanosomes pénètrent dans les méninges c'est alors que le besoin de sommeil apparaît.

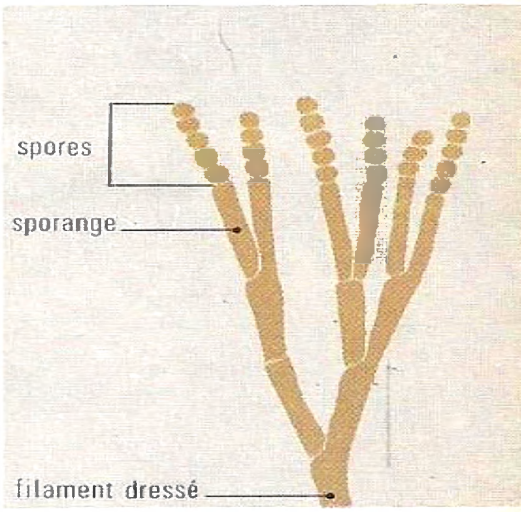
L'amibe de la dysenterie, l'hématozoaire et le trypanosome sont des protozoaires parasites.



la levure de bière

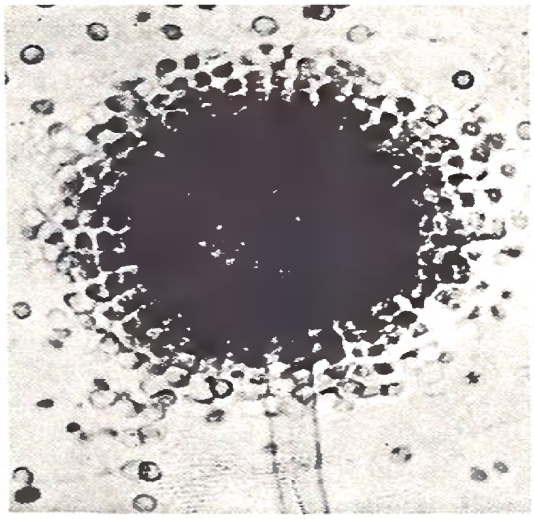
Sur cette microphotographie, chacun des éléments est une cellule ; elle peut donner naissance à un bourgeon **b** qui s'étrangle, puis se sépare : la levure se multiplie par bourgeonnement.

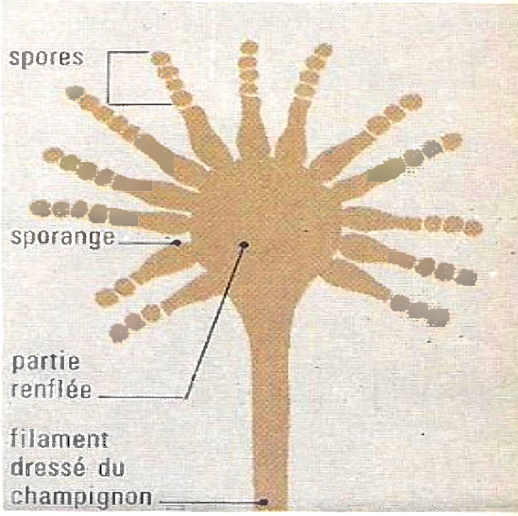




le pénicille digité

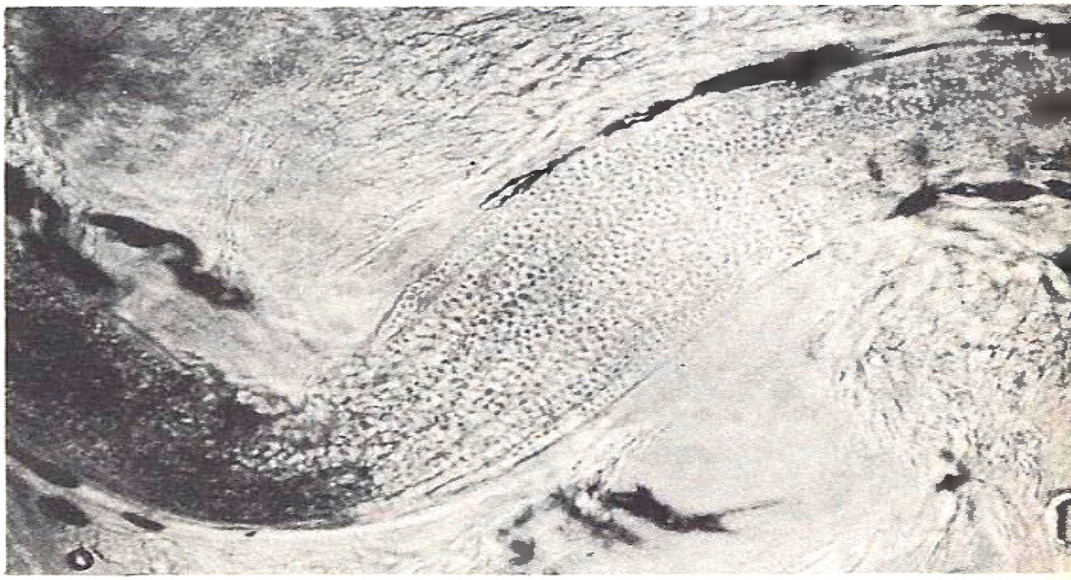
Ces filaments portant des chapelets de spores sont ceux du champignon microscopique qui provoque la pourriture des agrumes (oranges, citrons...).





l'aspergille

C'est un champignon microscopique qui doit son nom à ce que sa partie renflée porte des sporanges disposés comme les touffes de poils d'un goupillon qui sert à l'aspersion. Ce champignon peut causer, chez l'homme, une maladie des poumons, L'aspergillose, qui se traduit par les mêmes symptômes que ceux de la tuberculose. L'aspergillose atteint parfois les grainetiers.



le trychophyton

Cette microphotographie montre un cheveu trichophytique : il est tordu et se serait cassé au niveau de l'étranglement. Les filaments de ce champignon, le trichophyton, apparaissent sous forme de petites granulations à l'intérieur du cheveu.

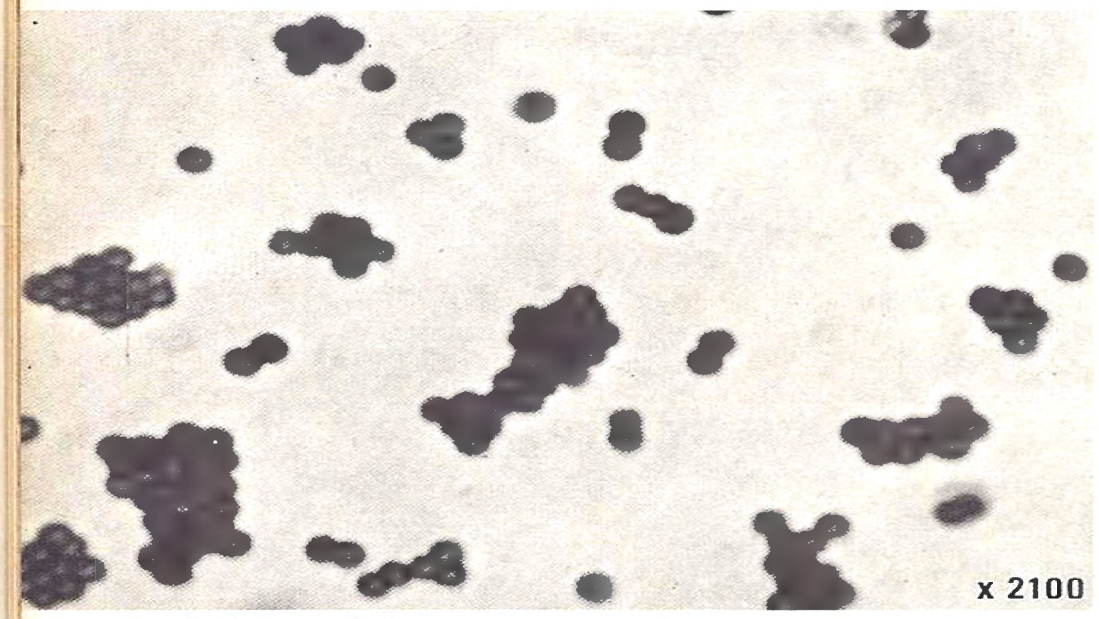
La levure de bière, le pénicille, l'aspergille et le trichophyton sont des champignons microscopiques.

le pneumocoque

Chaque élément, appelé coque, est accolé par sa pointe à un autre en formant un huit.
Le pneumocoque est l'agent d'une grave infection pulmonaire, la pneumonie.

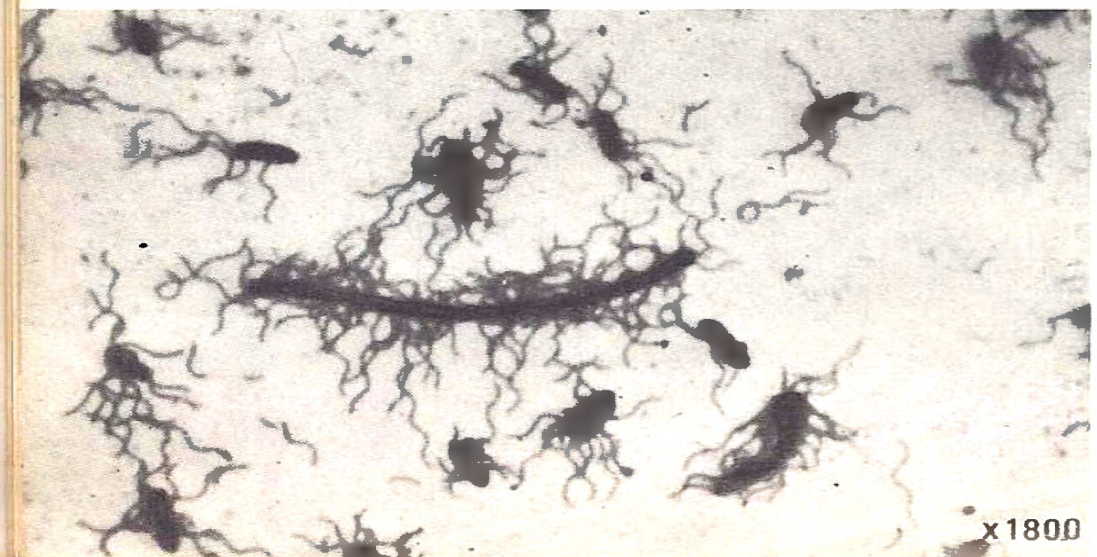
le streptocoque

De nombreux éléments ovoïdes, les coques, sont groupés en chaînettes plus ou moins longues.
Il existe plusieurs variétés de streptocoques. Certaines sont inoffensives; d'autres, qui peuvent détruire les globules rouges du sang, sont pathogènes : elles provoquent des angines, des abcès, la broncho-pneumonie



le staphylocoque

Les coques sont groupées en amas serrés comprenant de 20 à 50 éléments; on a comparé chacun de ces amas à une grappe de raisin.
Les staphylocoques, dont il existe plusieurs variétés, sont des agents redoutés de l'infection des plaies. Ils provoquent aussi diverses infections de la peau (furoncles, par exemple) et des abcès internes (rein, plèvre...).



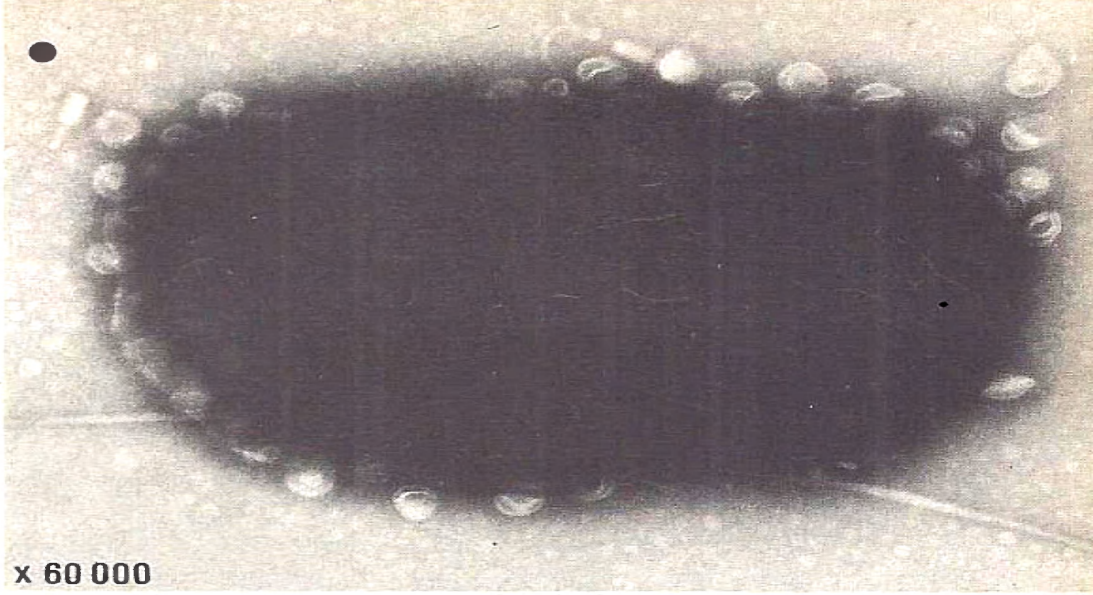
le bacille typhique

C'est l'agent de la typhoïde.
En forme de bâtonnet, de 2 à 4 μ de longueur, il est très mobile grâce aux cils dont il est pourvu.

Les coques et les bacilles sont des bactéries. Leur taille varie entre 0,5 et 10 μ.

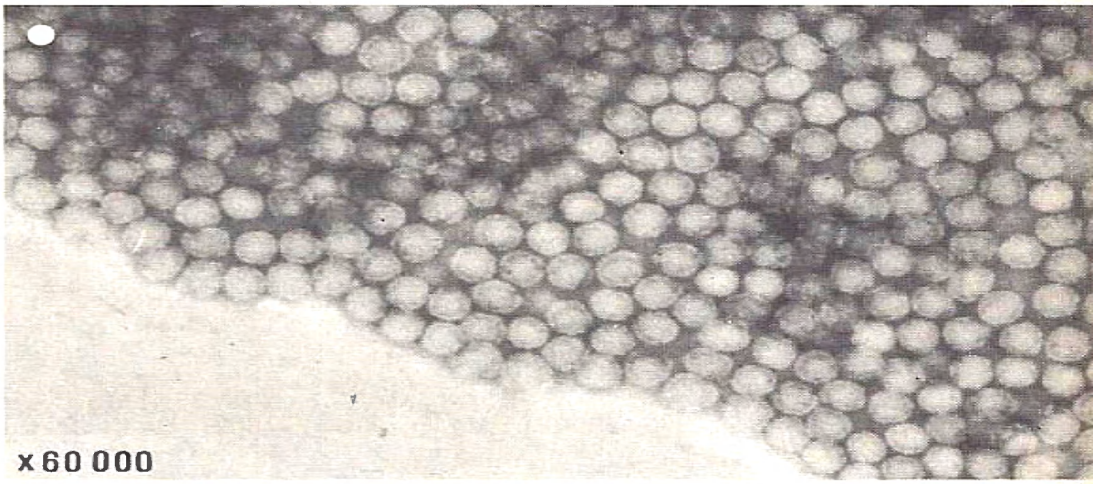
le bactériophage

C'est un virus abondant dans les eaux. Il est inoffensif pour l'homme; il s'attaque aux bactéries (colibacille, bacille typhique...) en provoquant leur dissolution.



le virus de la poliomyélite

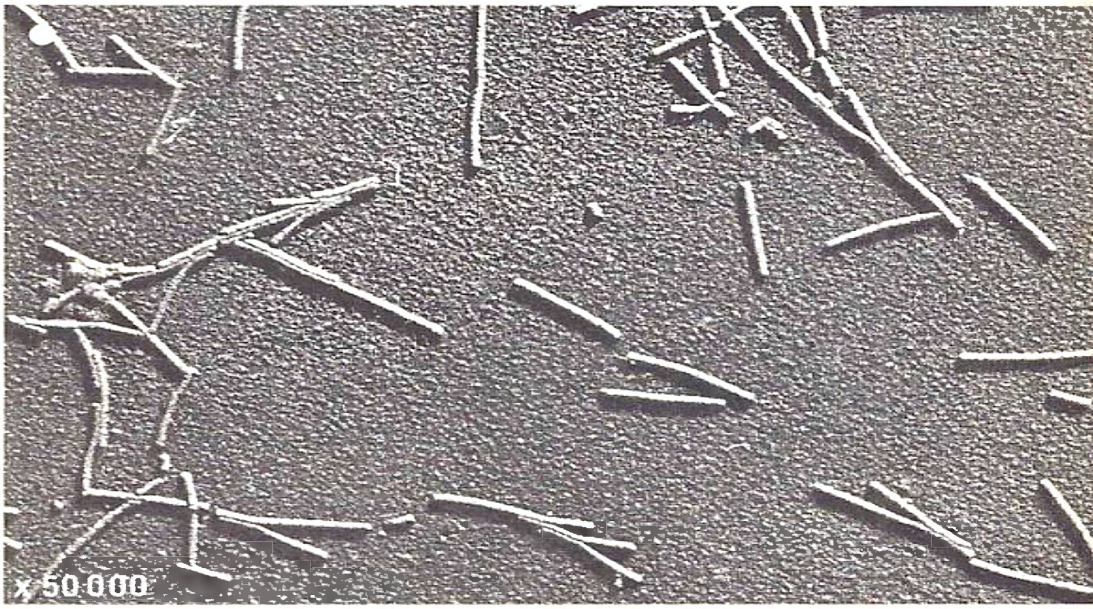
Il pénètre dans l'organisme par les voies respiratoires (nez, gorge...) ou par la voie digestive avec l'eau, le lait, des aliments. Il s'attaque aux cellules nerveuses des cornes antérieures de la moelle épinière en provoquant la dégénérescence des nerfs et, par suite, des muscles.



le virus de la mosaïque

Il provoque une décoloration « en mosaïque » des feuilles de tabac et leur mort. Ce virus se transmet d'un pied malade à un autre pied sain par frottement des feuilles et aussi par les instruments utilisés pour les travaux agricoles.

La taille des virus varie entre 20 m μ et quelques centaines de m μ.

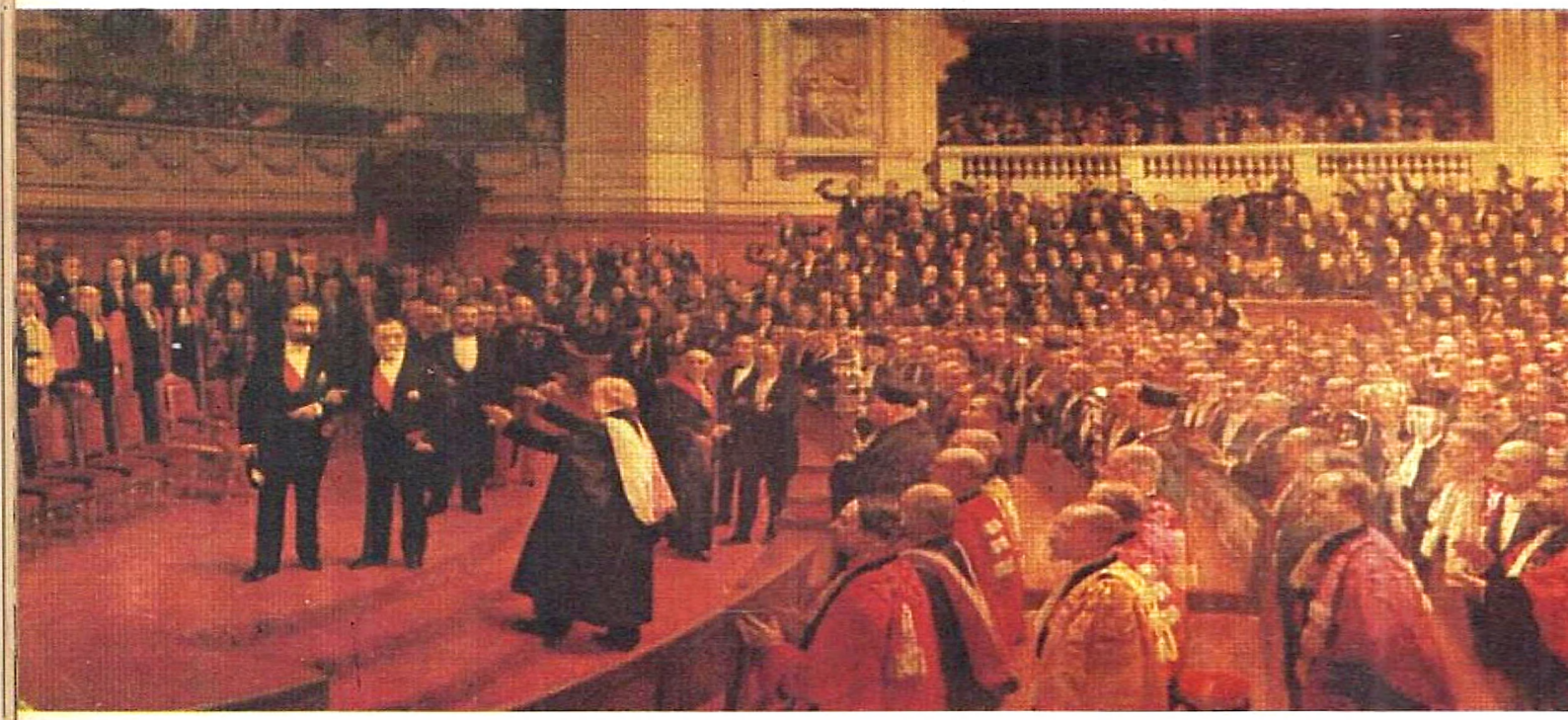


● photographies prises au microscope électronique

Sous le nom de microbes, on désigne des micro-organismes formés d'une seule cellule; ce sont :

- des protozoaires : amibe, hématozoaire, trypanosome...;
- des champignons microscopiques : levure, aspergille...;
- des bactéries que l'on peut classer d'après leur forme en coques, bacilles, vibrions, spirilles et spirochètes;
- des virus qui ne sont visibles qu'au microscope électronique.

20 l'œuvre de Pasteur



Pasteur était professeur de chimie à la faculté des sciences de Lille lorsqu'un industriel lillois lui fit part, en 1856, des échecs qu'il éprouvait dans la fabrication de l'alcool de betteraves. En recherchant les causes de ces échecs, Pasteur fut conduit à étudier la fermentation alcoolique. A cette époque, les chimistes la considéraient comme un phénomène purement chimique. Ils avaient déjà observé la levure de bière, mais ils n'entrevoyaient pas le rôle qu'elle joue.

Dès le XVIIe siècle, un physicien anglais écrivait : « Celui qui découvrira la cause de la fermentation alcoolique découvrira aussi probablement la cause des maladies virulentes. » Cette prophétie s'est réalisée : l'étude de diverses fermentations devait amener Pasteur à être le « fondateur de la microbiologie » et, par suite, le rénovateur de la chirurgie, de la médecine et de l'hygiène.

A B Pasteur 1822-1895

A Ce tableau de Rixens représente la cérémonie qui eut lieu en 1892, à la Sorbonne. Le chirurgien anglais Lister, promoteur de l'antisepsie, apporte l'hommage des chirurgiens à Pasteur.

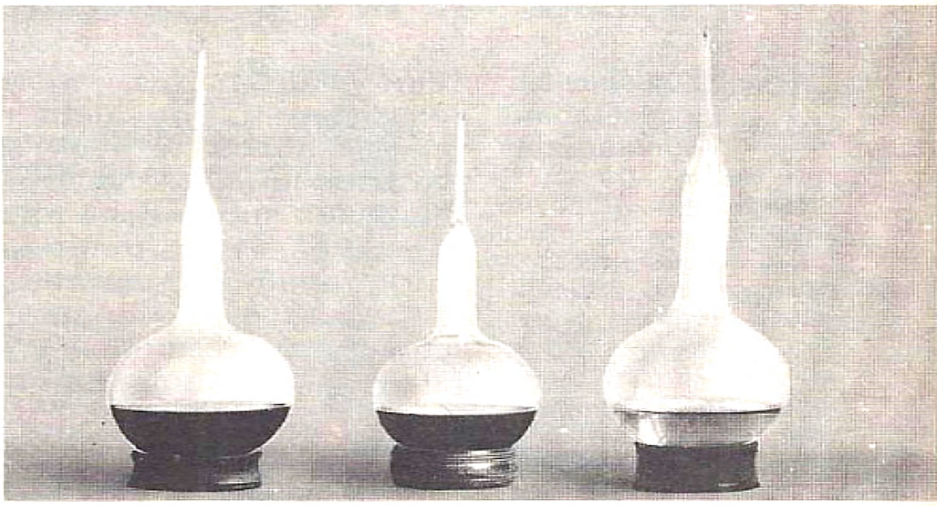
B Pasteur dans son laboratoire, en 1886, par Edelfelt. Le savant est en train de regarder une moelle épinière de lapin dans laquelle il cultivait le virus de la rage : après dessiccation, la moelle lui servait de vaccin pour sauver des sujets mordus par des loups ou des chiens enragés.

C en souvenir des travaux de Pasteur

Ce bas-relief se trouve sur un monument élevé à Chartres en souvenir des travaux de Pasteur sur la maladie du charbon; cette maladie, vers 1880, faisait périr plus du quart des troupeaux de moutons en Beauce.

D ballons utilisés par Pasteur

Ces ballons contenant de l'eau de levure, liquide très altérable mais stérilisé en 1860, sont toujours restés limpides : il n'y a donc pas « génération spontanée » d'êtres microscopiques comme on le pensait, il y a plus d'un siècle.



l'œuvre de Pasteur

I Pasteur et les fermentations

la découverte du rôle des ferments

De 1856 à 1858, Pasteur mit en évidence que la fermentation alcoolique, c'est-à-dire la transformation du glucose en alcool, résulte de l'activité de la levure lorsqu'elle vit en l'absence d'oxygène **1** B : glucose → alcool éthylique + gaz carbonique.

En 1861, Pasteur montra que la fermentation butyrique **2** est due à un ferment (dénommé depuis bacille amylobacter), qui non seulement vit à l'abri de l'air mais est tué par l'oxygène de l'air. Pasteur devait le qualifier, plus tard, de ferment anaérobie pour l'opposer à ceux qui vivent en présence d'air.

En 1867, Pasteur a établi que l'acétification, c'est-à-dire la transformation de l'alcool d'un vin en acide acétique, était le résultat du travail d'une bactérie, appelée communément mycoderme, qui se multiplie rapidement à la surface du vin.

l'origine des ferments

Dès 1859, Pasteur rechercha d'où venaient les ferments. En essayant de résoudre la question de la « génération spontanée » il réussit à montrer que, le plus souvent, les ferments sont apportés par l'air.

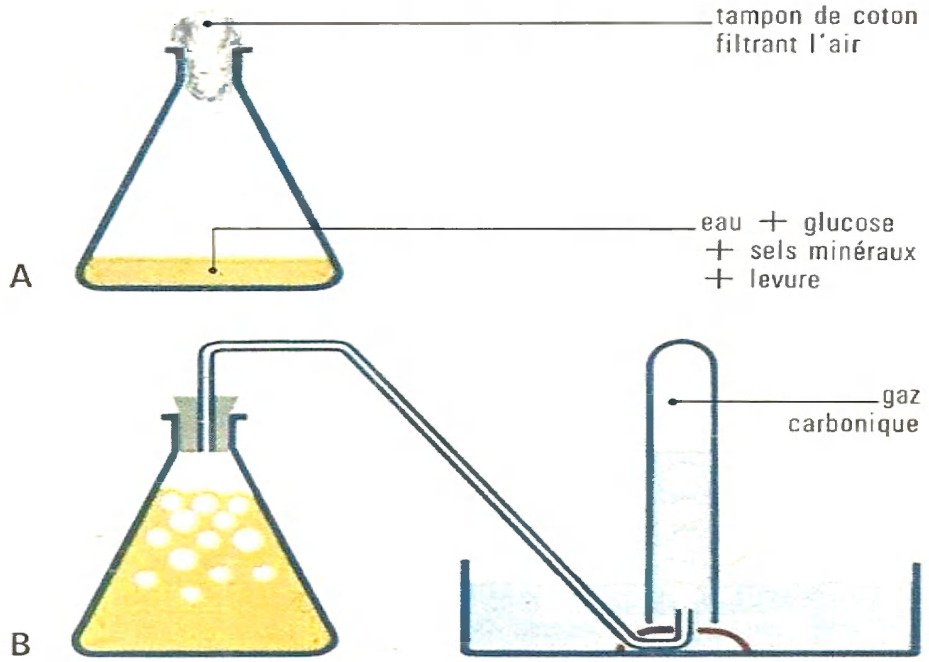
> Pasteur montra que les fermentations sont des transformations chimiques dues à des micro-organismes, les ferments. Certaines fermentations se produisent en l'absence d'air (fermentation alcoolique, fermentation butyrique...), d'autres s'effectuent en présence d'air (fermentation acétique...).

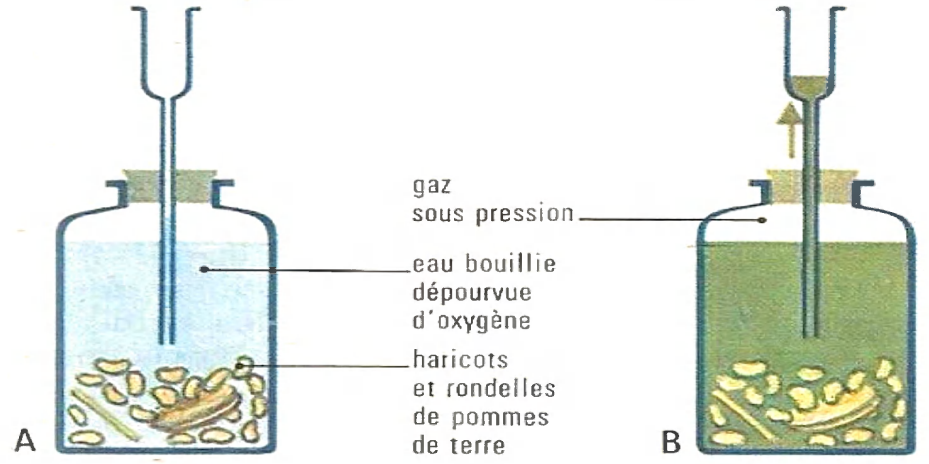
II Pasteur et la « génération spontanée »

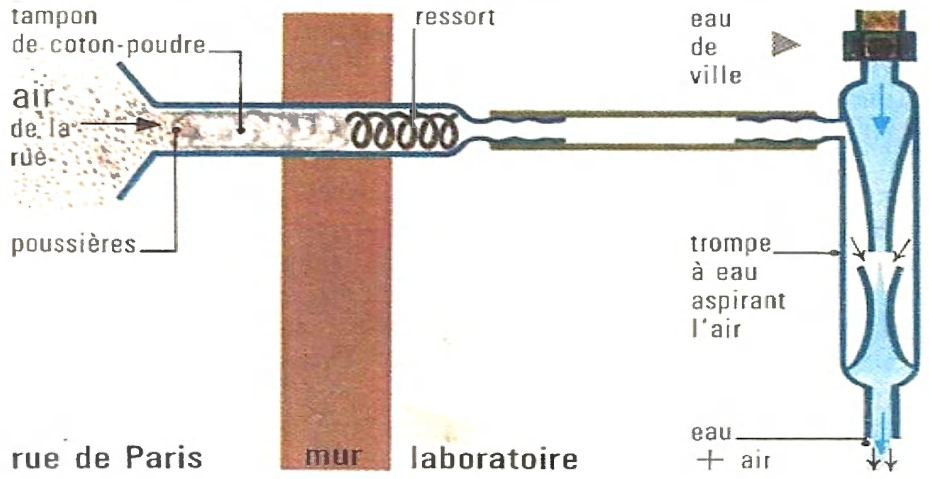
ce qu'on appelait « génération spontanée »

Vers 1850-1860, on admettait que des micro-organismes pouvaient apparaître spontanément, c'est-à-dire sans avoir été précédés par des êtres vivants de la même espèce, dans un milieu contenant des substances altérables. Pasteur, qui venait d'étudier la fermentation alcoolique, rechercha s'il y avait « génération spontanée » et, dans la négative, d'où venaient les germes altérant les liquides putrescibles. C'est ainsi qu'il fut conduit, en 1859, à étudier l'air d'une rue de Paris **3**.

> Pasteur montra que l'air contient des poussières; parmi elles, il y a des poussières vivantes appelées aussi germes.







1 les deux modes de vie de la levure

A En présence d'air, la levure de bière respire : elle utilise le glucose contenu dans le milieu de culture et s'accroît rapidement par bourgeonnement.

B En l'absence d'air, quelle réaction provoque la levure ? C'est grâce à cette réaction que la levure peut subsister ; mais elle s'accroît peu. En A, la levure de bière vit en aérobie ; en B, on dit qu'elle vit en anaérobie.

2 fermentation butyrique

A En quoi sont riches les aliments mis dans le flacon ? Pourquoi utilise-t-on de l'eau bouillie ?

B Les glucides (amidon, cellulose...) sont décomposés par un ferment (lequel ?) en acide butyrique, gaz carbonique et hydrogène. A quoi voyez-vous que des gaz se dégagent en abondance ?

3 l'air contient des poussières

Pour le prouver, que fit Pasteur en 1859 ? Le microscope l'amena à distinguer :

- des poussières inertes (citez-en) ;
- des poussières vivantes puisque, en mettant le coton-poudre dans un bouillon de culture, certaines s'y développaient.

comment éviter l'altération des liquides

1re expérience : Pasteur utilisait un ballon à col effilé renfermant de l'eau de levure de bière; après avoir fait bouillir longuement ce liquide **4** A :
— pour chasser l'air contenu dans le ballon;
— pour détruire les germes qu'il contenait ainsi que ceux qui étaient sur les parois internes du ballon (on dit aujourd'hui pour stériliser le liquide et le récipient le contenant);
Pasteur fermait le tube effilé à la flamme **4** B; le liquide restait clair, sans jamais s'altérer **4** C; ainsi :

Un liquide putrescible, mais stérilisé, se conserve indéfiniment s'il est à l'abri de l'air.

2e expérience : à ses contradicteurs qui disaient que les germes ne pouvaient pas se développer en l'absence d'air, Pasteur montra que le bouillon ne s'altérait pas s'il laissait entrer dans le ballon de l'air porté au rouge **4** D; ainsi :

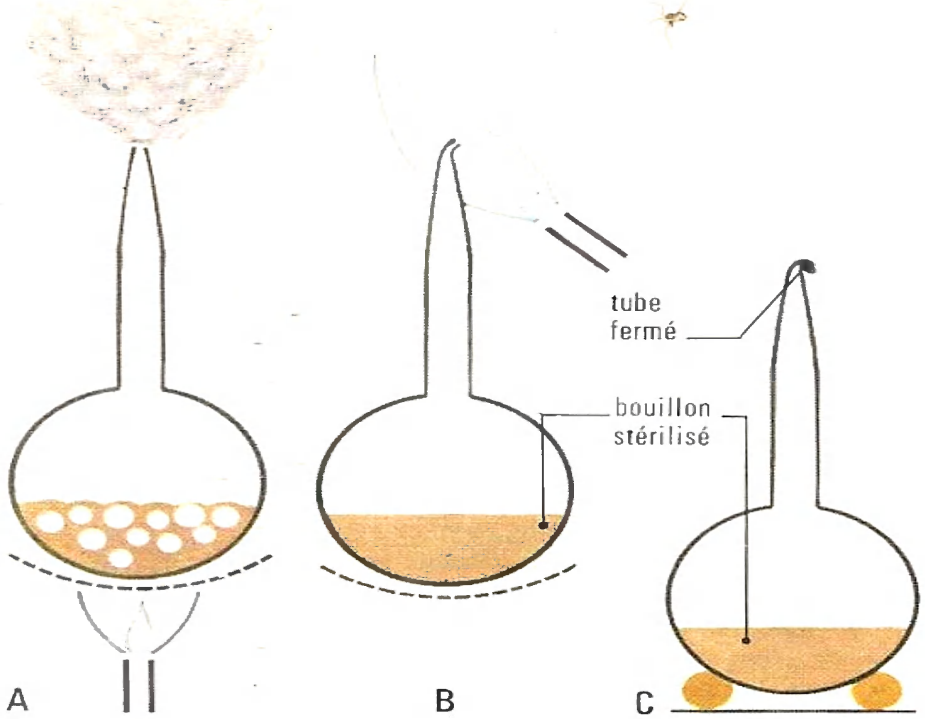
Un liquide stérilisé se conserve indéfiniment s'il est en présence d'air stérilisé.

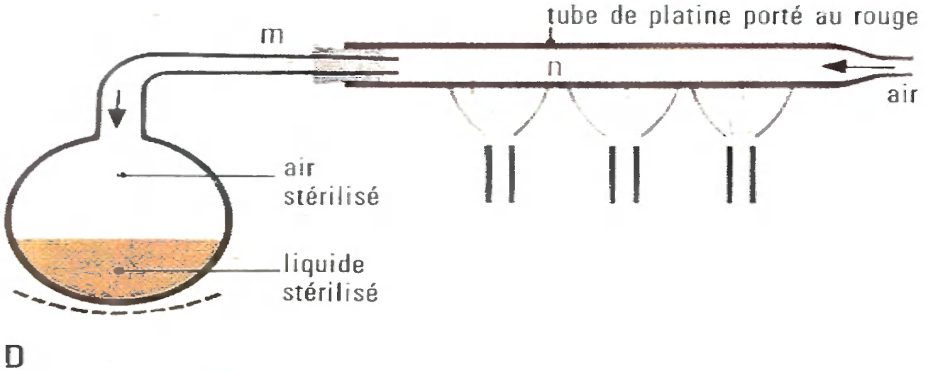
3e expérience : à ses contradicteurs qui prétendaient que l'air porté au rouge avait perdu ses « propriétés vitales », Pasteur prouva qu'il pouvait utiliser de l'air filtré par passage dans un long tube recourbé dit « col de cygne » **4** E. Pasteur estimait que les germes de l'air s'étaient déposés sur les parois du tube sinueux. D'ailleurs, il en apportait la preuve : il lui suffisait de mettre en contact le contenu du ballon avec les parois du tube recourbé pour que le liquide s'altère; ainsi :

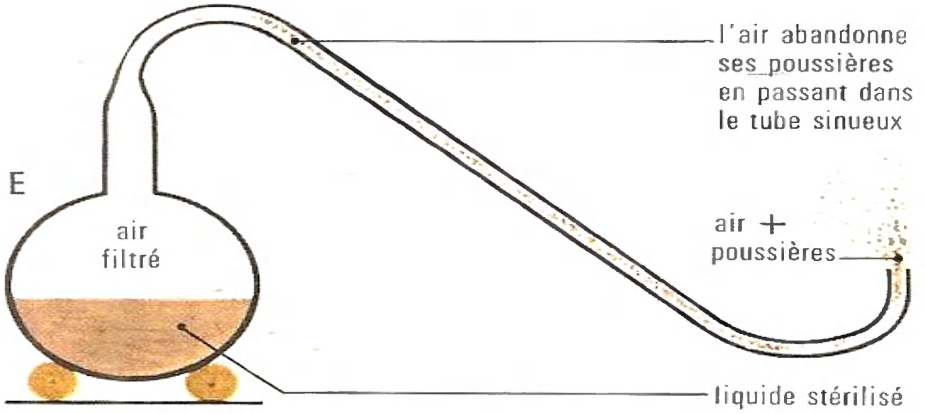
Un liquide stérilisé se conserve indéfiniment s'il est en présence d'air filtré par passage dans un long tube sinueux.

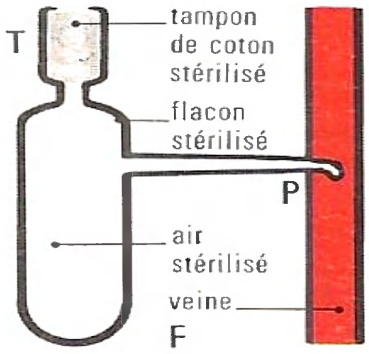
4e expérience : on avait reproché à Pasteur de n'utiliser que des liquides portés à l'ébullition; c'est pourquoi, en 1863, avec l'aide d'un physiologiste, Pasteur fit l'expérience avec un liquide organique, frais, le sang. Pasteur utilisa un dispositif stérilisé dont il enfonça la pointe P dans la veine d'un chien **4** F; après avoir cassé la pointe du tube dans le vaisseau, il aspira le sang grâce au tube T muni d'un tampon de coton **4** G; puis il ferma la pointe P à la flamme. Le liquide ne s'altéra pas. Il en fut de même avec de l'urine prélevée directement dans la vessie d'un animal; ainsi :

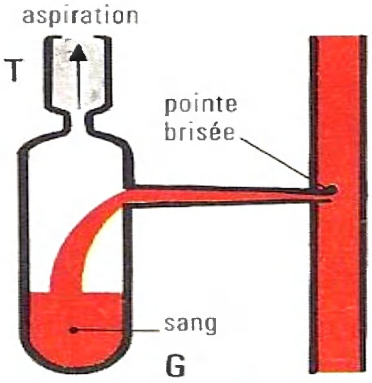
Le sang et l'urine, pris dans l'organisme d'un animal sain, ne s'altèrent pas lorsqu'ils sont conservés à l'abri de l'air.











4 des micro-organismes naissent-ils spontanément ?

C'est pour répondre à cette question que Pasteur fit les expériences suivantes :

• **1re expérience** : il faisait bouillir un bouillon constitué d'eau de levure ; dites pourquoi. Que faisait-il ensuite ?

• **2e expérience** : il faisait bouillir le liquide contenu dans le ballon (pourquoi ?) ; puis il portait au rouge le tube de platine **n** ; que se passait-il ? Tout en chauffant le tube **n**, il fermait le tube **m** à la flamme ; le liquide s'altérait-il par la suite ?

• **3e expérience** : il utilisa des ballons dits à « col de cygne » ; après avoir fait bouillir le liquide, il le laissait refroidir doucement : pourquoi ? Le liquide s'altérait-il ? Quelle explication donnait alors Pasteur ? Comment prouva-t-il que l'explication qu'il avait donnée était bonne ?

• **4e expérience** : décrivez le dispositif utilisé par Pasteur. Comment procédait-il pour recueillir du sang ? Que faisait-il ensuite ? Le sang s'altérait-il ? Pourquoi Pasteur a-t-il réalisé une expérience avec du sang ?

la répartition des germes dans l'atmosphère

En 1860, Pasteur utilisa une série de ballons de même capacité, contenant un bouillon stérilisé, et dont il ferma le col à la flamme **4** C. Il ouvrit ensuite les ballons en des lieux différents pour faire pénétrer la même quantité d'air dans chacun d'eux; puis il referma les cols des ballons à la flamme :
— le liquide s'altéra dans tous les ballons ouverts à Paris, dans la cour de l'Observatoire;
— sur 20 ballons ouverts dans le Jura, loin de toute habitation, 8 renfermèrent un liquide altéré;
— sur 20 ballons ouverts sur la Mer de Glace, à 2 000 m d'altitude, un seul devint trouble; ainsi :

- **Les germes sont inégalement répartis dans l'atmosphère.**
- **Ces germes, en suspension dans l'air, sont la « condition première et nécessaire de la vie dans les infusions ».**

la théorie des germes

En 1864, Pasteur concluait : « ... il n'y a aucune circonstance aujourd'hui connue dans laquelle on puisse affirmer que des êtres microscopiques sont venus au monde sans germes... »; ainsi est née la théorie des germes qui devait conduire Pasteur à découvrir la cause de certaines maladies.

III Autres découvertes et conséquences

la naissance de la microbiologie

Au cours de ses travaux sur les ferments, Pasteur a été amené à mettre au point la technique microbiologique permettant la culture pure des germes. Celle-ci exige l'emploi de milieux de culture et l'usage de procédés : stérilisation par la chaleur sèche **6** ou par la chaleur humide **7**, repiquage...

les progrès médicaux

Pasteur a découvert et étudié le vibrion septique, le staphylocoque, le streptocoque, le pneumocoque...; il a trouvé les vaccins contre le charbon et la rage. Les travaux de Pasteur ont conduit à l'antisepsie et l'ont amené à préconiser l'asepsie. Ces deux méthodes, nous le verrons, ont révolutionné la chirurgie.

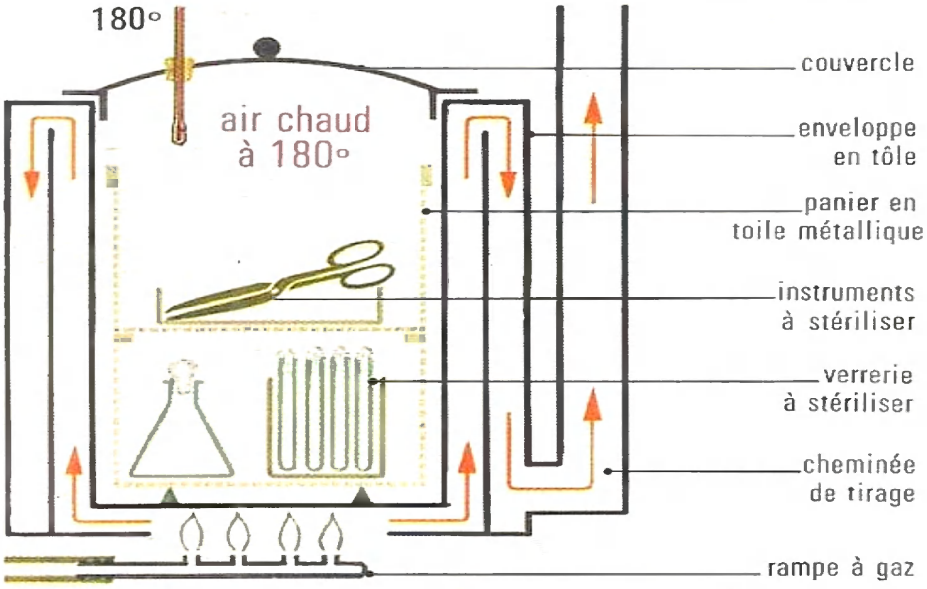
l'amélioration des techniques industrielles

En recherchant ce qui troublait la fermentation alcoolique, ce qui conduisait à l'altération des vins, ce qui diminuait le rendement de l'acétification, et pourquoi la bière s'altérait, Pasteur rendit d'éminents services aux industriels. A certains, il préconisait de porter le vin et le vinaigre entre 50 et 60°, pendant quelques minutes, pour détruire les ferments qui provoquaient leur altération. Ce procédé, connu de nos jours sous le nom de pasteurisation, est employé surtout pour le lait, la bière...

nombre de bactéries	lieux où l'air a été prélevé
par m³ d'air	
650	à Paris, place de la Concorde, vers 7 heures;
23 000	à Paris, place de la Concorde, vers midi;
88 000	à Paris, place de la Concorde, à 19 heures;
350	à Paris, en été, au parc Montsouris;
3	au bord de la mer, dans une petite ville (Berck);
0	en pleine mer ou en très haute montagne.

5 répartition des bactéries dans l'air

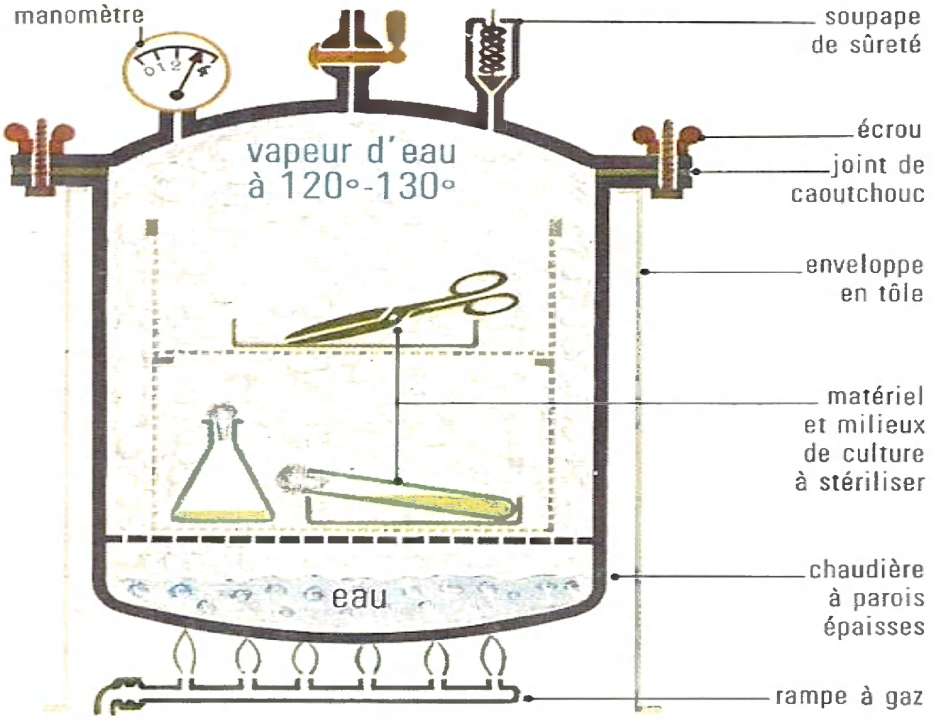
Ces résultats confirment les conclusions auxquelles Pasteur avait abouti en 1860 en ouvrant des ballons en différents lieux.



6 coupe d'un four Pasteur

Décrivez l'appareil. En quoi est-il fabriqué ? Pourquoi les gaz chauds circulent-ils dans le sens indiqué par les flèches ?

Quelle est la température de l'air à l'intérieur de ce four ? Pourquoi dit-on que le matériel (instruments et verrerie) est stérilisé par action de la chaleur sèche ?



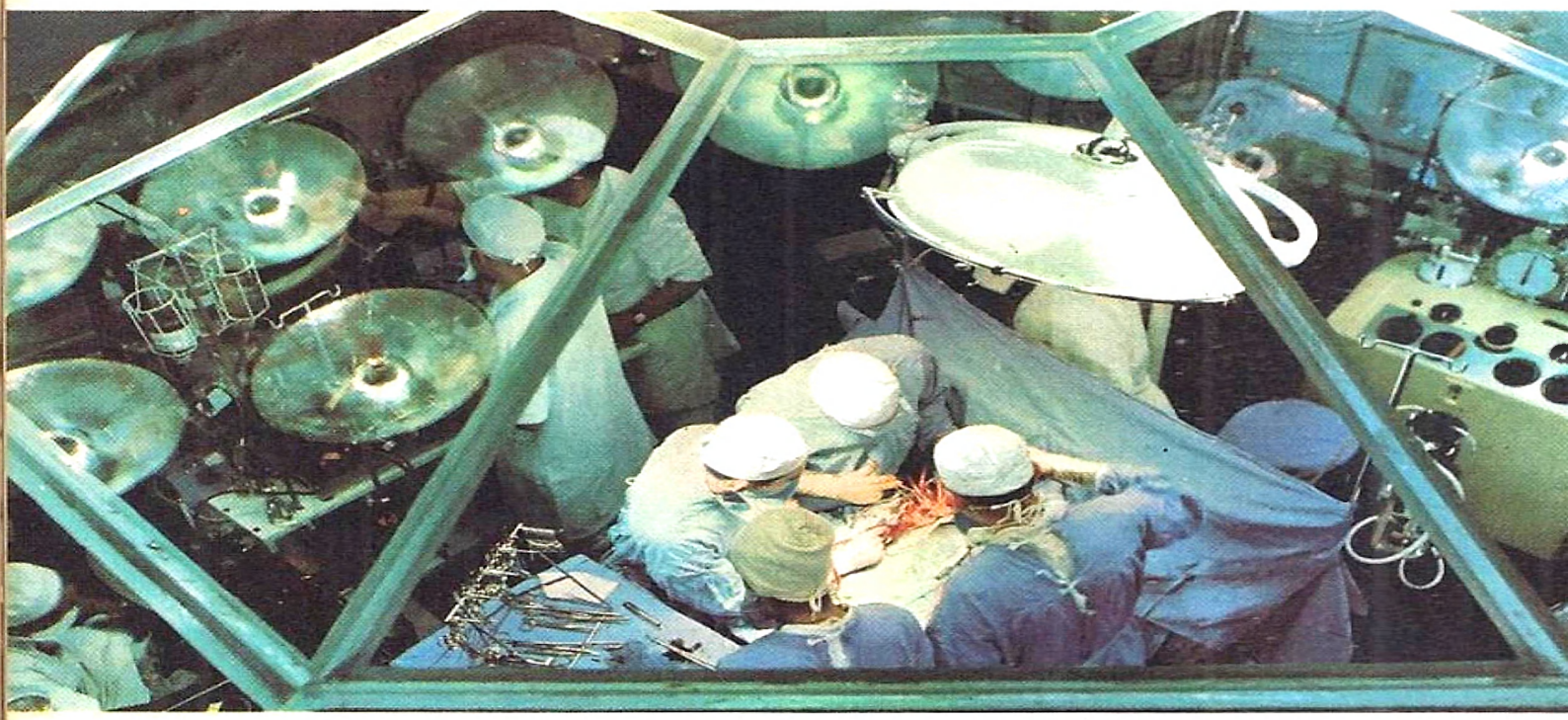
7 coupe d'un autoclave type Chamberland

Cet autoclave a été mis au point par un collaborateur de Pasteur : Chamberland.

L'autoclave est une chaudière fermée par un couvercle comportant une soupape de sûreté qui fonctionne, comme celle d'un autocuiseur, lorsque la pression de la vapeur atteint une valeur donnée. Celle-ci dépend de la température que l'on veut obtenir.

Pourquoi dit-on que la stérilisation s'effectue alors par action de la chaleur humide ?

21 l'infection microbienne



Nous venons de nous piquer, de nous couper... et nous n'y prenons garde, car la plaie paraît bénigne; pourtant voici ce qui peut arriver :
— l'épingle avec laquelle nous venons de nous piquer était couverte de bactéries aérobies toujours abondantes à la surface des objets. De nombreuses bactéries ont donc été introduites dans le derme; la goutte de sang qui a perlé à la surface de la peau a rejeté la plupart de ces bactéries, mais il en est resté dans la plaie; les unes sont inoffensives, les autres (streptocoques, staphylocoques...) sont pathogènes : la plaie est contaminée;
— s'il s'agit d'une plaie anfractueuse à bords déchiquetés, produite par une écharde, par un clou souillé de terre ou un outil agricole, la plaie peut être contaminée par des bactéries anaérobies (bacille tétanique, vibrion septique...).

A lutte contre l'infection

Au cours d'une opération, de nombreuses précautions sont prises, tant dans la salle que par l'équipe chirurgicale. Indiquez ces principales précautions.

B C manifestations de l'infection

B La peau est rougie à l'endroit de la plaie : il y a inflammation locale. En partant de là, une traînée rougeâtre suit un vaisseau lymphatique : cette inflammation est une lymphangite.

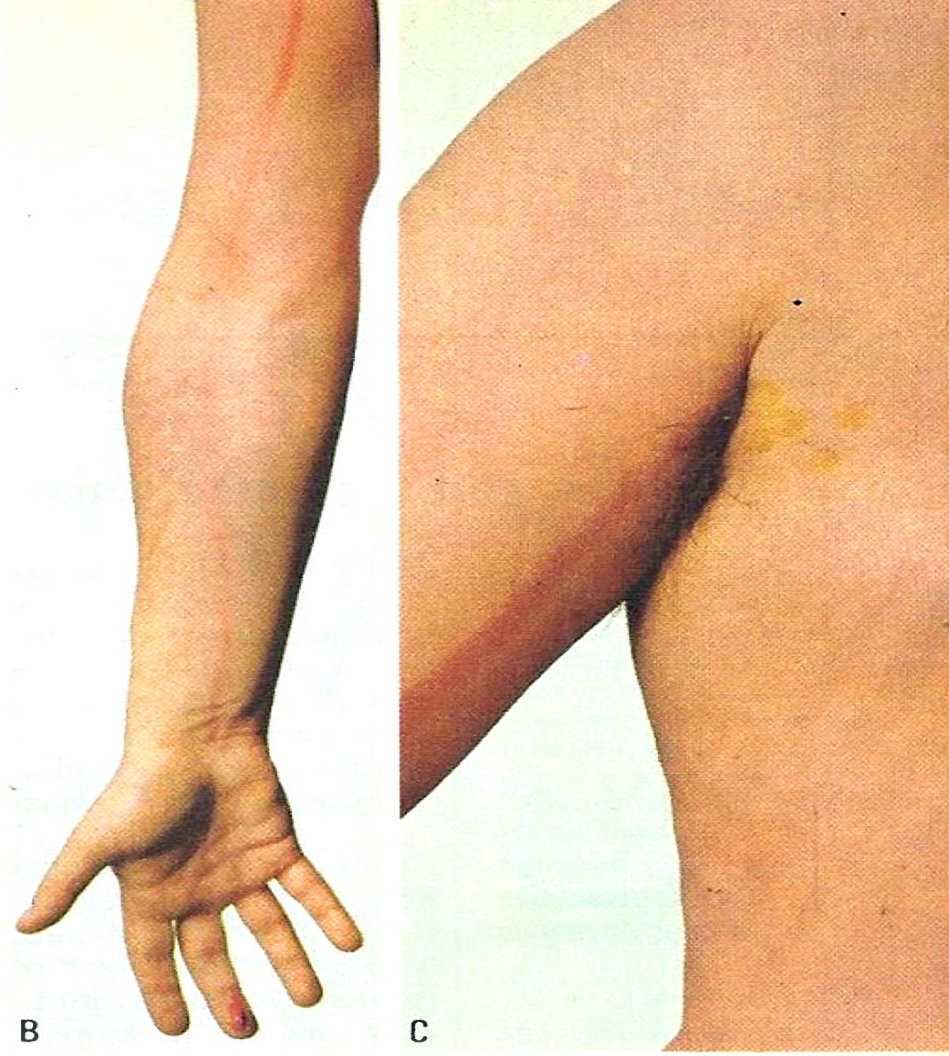
C Les ganglions lymphatiques, à l'aisselle, sont gonflés et douloureux ; on les appelle souvent, communément, à tort, des « glandes ».

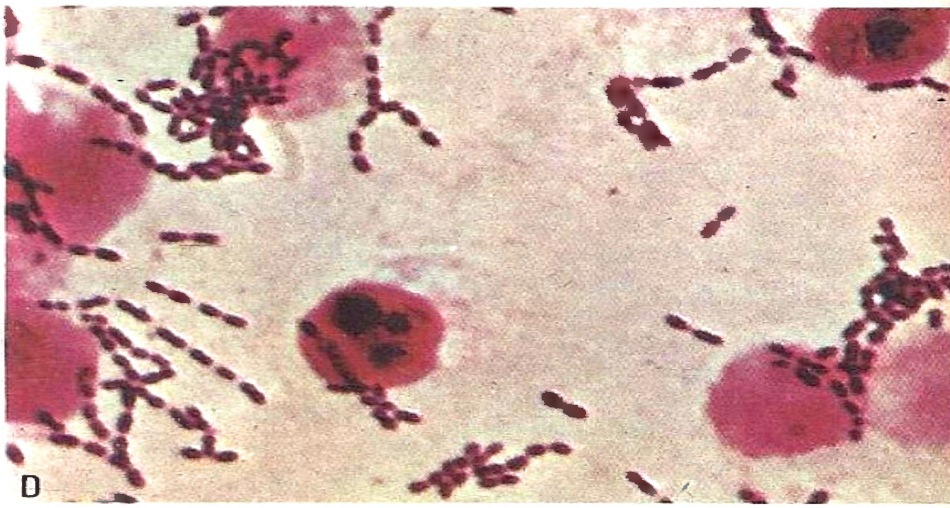
D streptocoques dans du pus

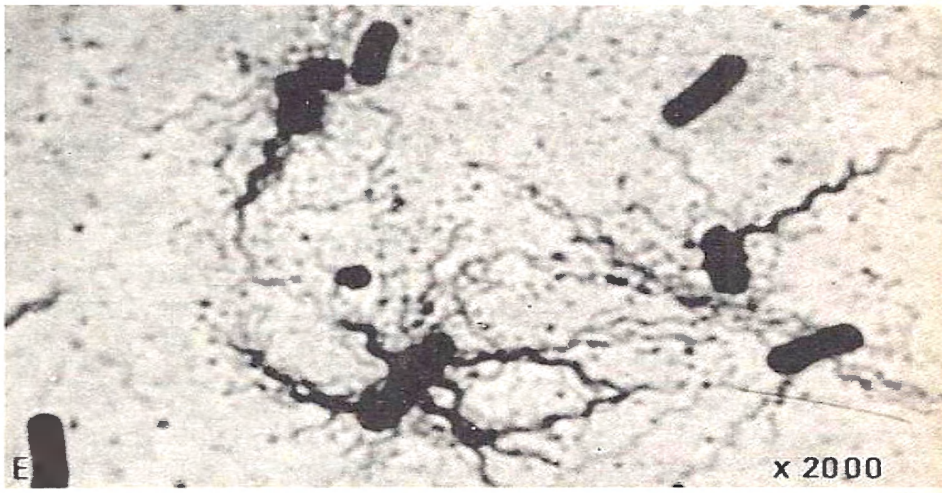
Dans le cas d'un abcès ouvert, on prélève du pus avec une pipette stérilisée et on le dépose sur une lame afin de réaliser un frottis (voyez p. 117) ; après l'avoir desséché, on verse les colorants, puis on lave la préparation. Dans certains globules blancs, que remarquez-vous ? qu'en concluez-vous ?

E le vibrion septique

Cette bactérie est l'agent de la gangrène gazeuse : les tissus de la plaie se transforment en une bouillie de laquelle se dégagent des gaz infects.







Leçon

l'infection microbienne

L'infection à partir d'une plaie

Dans une plaie contaminée, les bactéries rencontrent des conditions favorables (température, substances nutritives), de sorte que leur multiplication est rapide. Par suite, après un certain délai appelé temps d'incubation, il existe un nombre prodigieux de microbes au point contaminé qui devient un foyer d'infection. L'évolution de l'infection microbienne dépend des microbes présents dans la plaie **1**.

infection à streptocoques ou à staphylocoques

Au cours d'une infection causée par des streptocoques **1** A ou des staphylocoques **1** B introduits dans une plaie, il peut se produire trois étapes :
1re étape : au foyer d'infection, il y a rougeur de la peau et gonflement des tissus **2**; il peut s'y former une poche de pus : c'est un abcès superficiel.
2e étape : il y a inflammation de la paroi d'un vaisseau lymphatique : c'est une lymphangite; puis inflammation des ganglions lymphatiques les plus proches de la plaie (à l'aisselle, par exemple).
3e étape : les bactéries se développent dans le sang; c'est la septicémie ou infection généralisée.

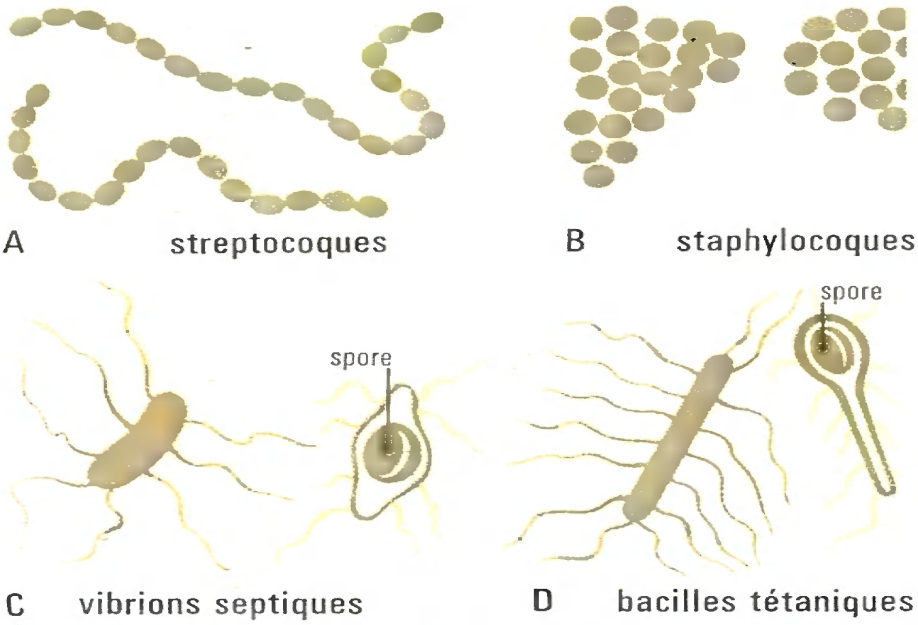
Ces manifestations de l'infection microbienne s'accompagnent d'une élévation de température (fièvre) : 38° pour un abcès superficiel, 39° pour une lymphangite, 40-41° pour une septicémie **3**.

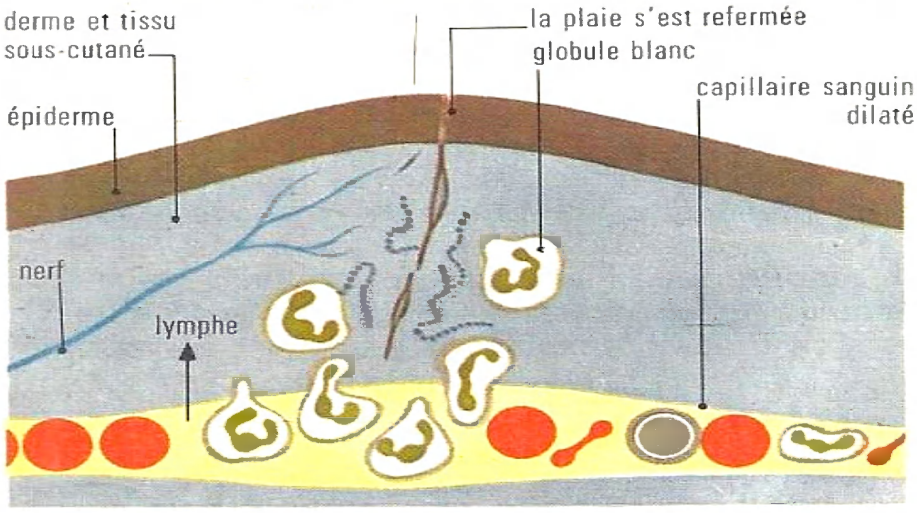
Les streptocoques sont les agents habituels des abcès et de la lymphangite; les staphylocoques sont la cause des furoncles, des panaris et de certains abcès. Streptocoques et staphylocoques peuvent provoquer une septicémie.

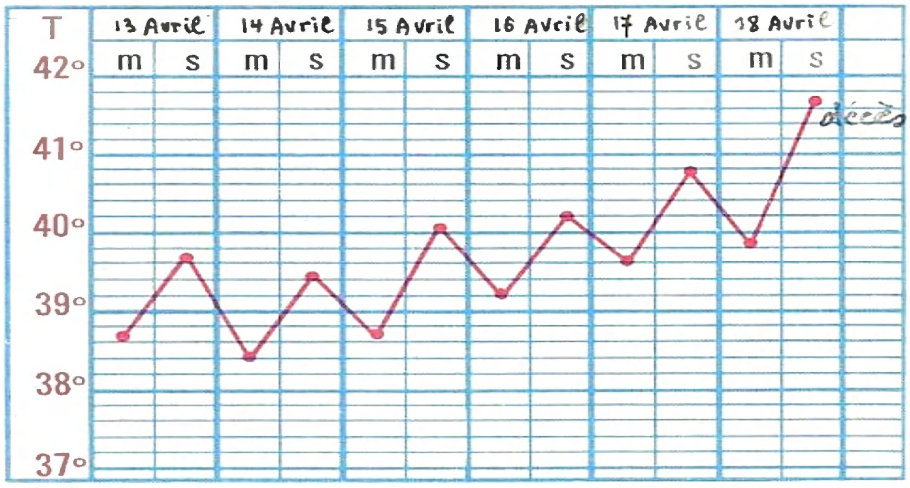
infection tétanique

Les spores du bacille tétanique **1** D existent dans la terre et le fumier. Introduites dans une plaie anfractueuse, elles germent et les bacilles tétaniques pullulent en l'absence d'air. Ces bacilles restent au foyer d'infection; mais ils produisent une substance toxique, la toxine tétanique, qui se répand dans l'organisme et agit sur les cellules nerveuses; d'où de douloureuses contractions musculaires : c'est le tétanos. La mort peut survenir du fait de la contraction des muscles respiratoires.

Les bacilles tétaniques n'envahissent jamais l'organisme; ils sécrètent une toxine qui agit sur les cellules nerveuses; on dit que le tétanos est une toxi-infection ou une toxémie.







1 les microbes de l'infection des plaies

A-B Ce sont des bactéries aérobies qui causent fréquemment des abcès superficiels ; on réserve le nom de panaris, ou « mal blanc », aux abcès situés sur les doigts. Les staphylocoques causent aussi les furoncles qui sont des inflammations se produisant dans la gaine à la base d'un poil.

C-D Ce sont des bactéries anaérobies ; que provoquent-elles ?

2 la réaction locale à la contamination

Les bactéries, enfouies dans la plaie, produisent des substances qui provoquent :

- le passage des polynucléaires à travers la paroi des capillaires ;
- la dilatation de ces vaisseaux, d'où la rougeur de la peau ;
- la filtration de la lymphe, d'où le gonflement des tissus et une douleur locale.

3 une courbe de températures

Matin et soir, avec un thermomètre médical, on détermine la température rectale ; on l'inscrit sur une feuille de température (comment est-elle graduée ?). On réunit le point indiqué au précédent : on obtient la courbe des températures.

Le malade était atteint de septicémie : quelle fut la dernière température relevée ?

le rôle des associations microbiennes

Certaines bactéries, capables de provoquer l'infection microbienne, sont plus dangereuses, plus virulentes, lorsqu'elles se trouvent en présence d'autres bactéries, parfois inoffensives. C'est ainsi que la pullulation des bactéries anaérobies (citez-en) est favorisée par la présence de bactéries aérobies qui utilisent l'oxygène présent dans la plaie.

II Réactions de l'organisme

réaction locale

Au niveau du foyer d'infection, les polynucléaires, attirés par les substances produites par les bactéries, se déplacent comme des amibes et se dirigent vers les microbes **4** A. C'est alors qu'une bataille s'engage entre les globules blancs et les bactéries.

1er cas : les bactéries sont vite phagocytées **4** B; c'est ce qui se produit lorsqu'elles ne sont pas trop nombreuses ni trop virulentes. C'est ainsi que le foyer d'infection peut disparaître rapidement.

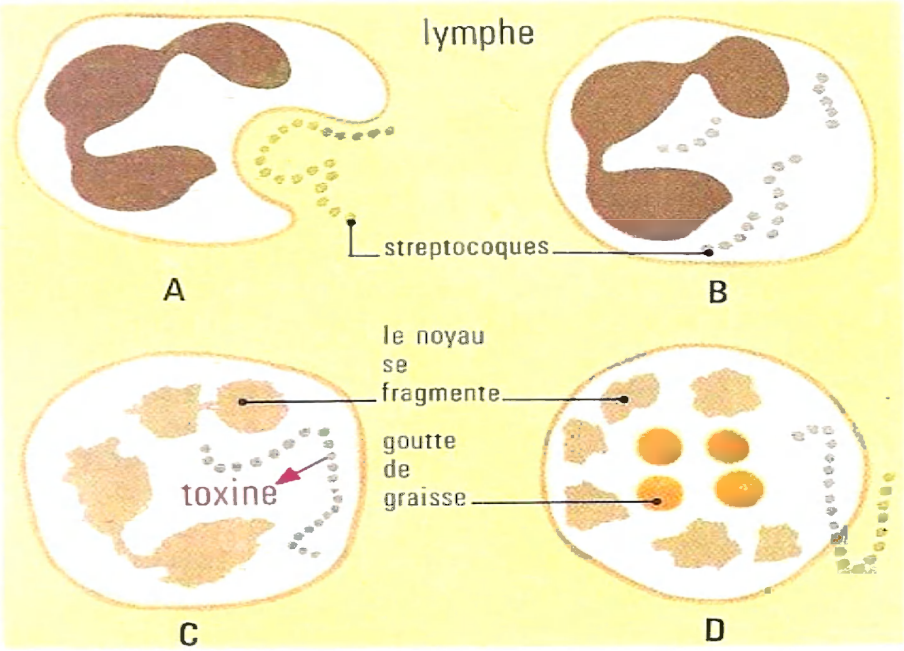
2e cas : de nombreux globules blancs sont tués au cours de la bataille **4** C-D; leurs cadavres s'entassent au niveau du foyer d'infection et forment un liquide blanchâtre, le pus. Il est enfermé dans une poche située dans le derme et le tissu sous-cutané : c'est un abcès superficiel **5**. Au-dessus, la peau est tendue; elle finit par se déchirer et le pus s'écoule. Après un certain temps, toutes les bactéries sont tuées ou expulsées : la plaie se referme.

3e cas : les bactéries, victorieuses, bousculent les globules blancs et envahissent les vaisseaux lymphatiques : c'est la 2e étape de l'infection.

Au niveau du foyer d'infection, une bataille s'engage entre les polynucléaires et les bactéries. Son issue dépend de la pullulation des microbes dans la plaie et de leur virulence.

réaction ganglionnaire

Les streptocoques progressent en suivant les vaisseaux lymphatiques et atteignent les ganglions lymphatiques les plus proches qui grossissent et deviennent le siège d'une nouvelle bataille. Si quelques jours se sont écoulés entre la bataille livrée au niveau du foyer d'infection et celle-ci, certaines cellules de l'organisme (lymphocytes, cellules des ganglions...) sécrètent désormais des substances, appelées anticorps, capables de « désarmer » les bactéries **6** de sorte que leur phagocytose par les globules blancs est plus facile. C'est ce qui explique pourquoi l'invasion microbienne s'arrête le plus souvent au niveau des ganglions lymphatiques.



4 globules blancs attaquant des streptocoques

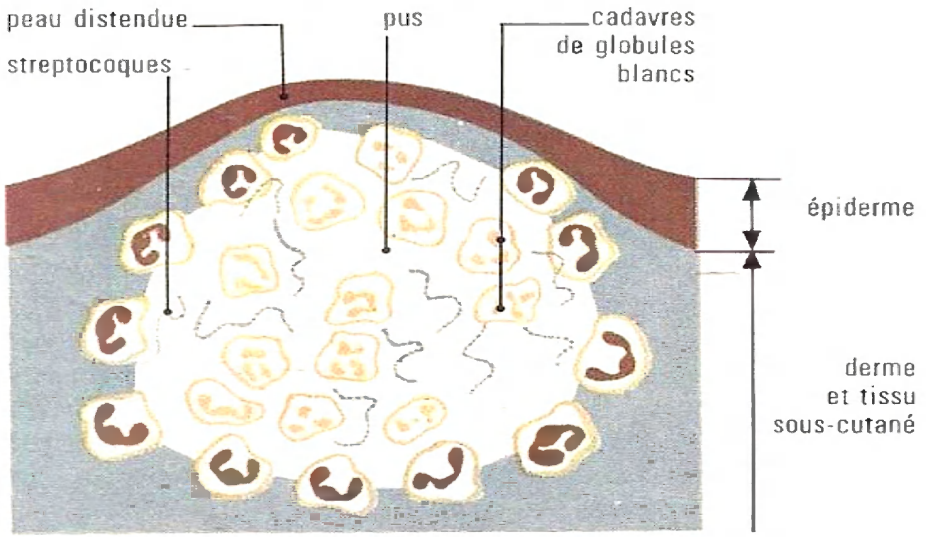
Quel est le type de globule blanc qui a été représenté ?

A Revoyez page 119 ; dites ce qui se produit.

B Un polynucléaire en train de phagocyter des streptocoques.

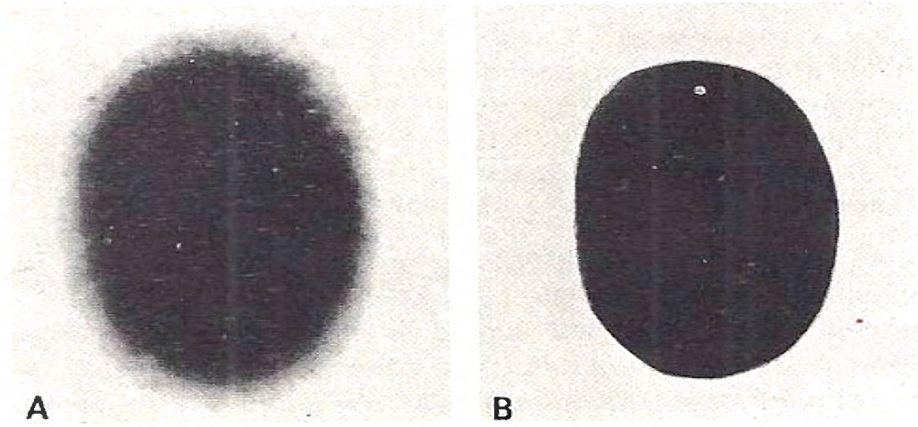
C Sous l'action des toxines produites par les streptocoques, le noyau du globule blanc se fragmente.

D Dans le cytoplasme du globule blanc qui se meurt, des gouttes de graisse apparaissent.



5 la coupe d'un abcès superficiel

Un abcès superficiel est une poche de pus située dans le derme et le tissu sous-cutané. Regardez page 213, D : comment fait-on pour réaliser un frottis de pus ? Que distingue-t-on sur ce frottis ?



6 comment une bactérie est « désarmée »

A Ce microcoque est entouré d'une couche protectrice qui s'oppose à la phagocytose.

B Sous l'action d'un anticorps spécial, la couche protectrice disparaît : la bactérie est vulnérable : on dit qu'elle est « désarmée ».

réaction à l'invasion microbienne

Les bactéries peuvent bousculer à leur tour les globules blancs des ganglions; elles se déversent alors dans le sang : c'est la 3e étape de l'infection **7**. Le foie peut encore s'opposer à l'invasion microbienne, car il contient de grandes cellules phagocytaires **8**; mais si le foie est franchi, les bactéries pullulent dans le sang : c'est la septicémie.

Certaines bactéries, notamment les streptocoques, tendent à envahir l'organisme; mais l'invasion peut être ralentie ou arrêtée par la phagocytose et la production d'anticorps.

réaction à l'infection tétanique

Dans l'infection tétanique, la défense de l'organisme est assurée par la sécrétion d'un anticorps spécial, l'antitoxine tétanique, qui neutralise la toxine tétanique. Malheureusement, cette sécrétion est souvent insuffisante ou trop lente; c'est pourquoi le médecin fait une injection d'antitoxine (sérum antitétanique **9**) lorsqu'une plaie est souillée de terre.

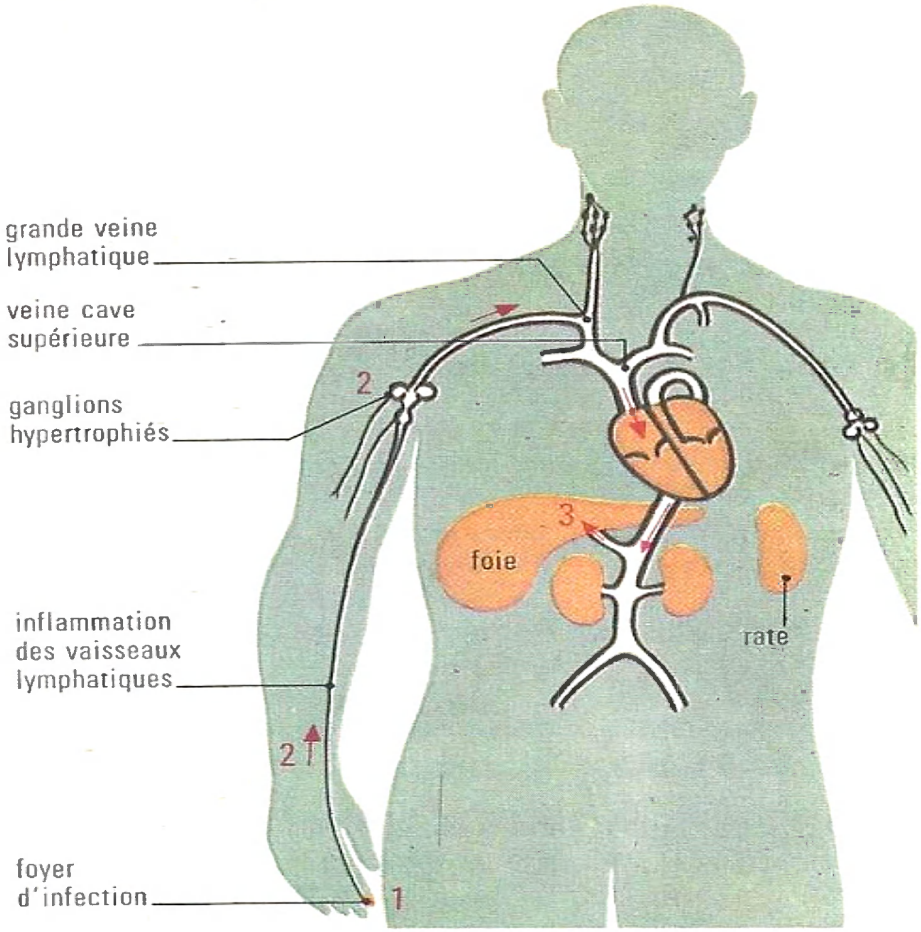
La défense intérieure de l'organisme contre l'infection microbienne est assurée par deux mécanismes :
- l'un, immédiat, la phagocytose;
- l'autre, plus lent à se mettre en action, la sécrétion d'anticorps, c'est-à-dire de substances qui tendent à « désarmer » les bactéries ou à neutraliser les toxines qu'elles produisent.

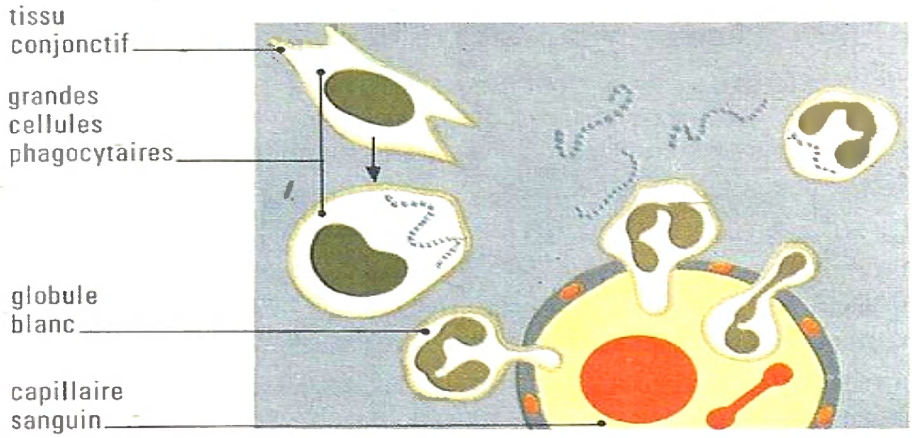
III Comment on évite l'infection des plaies

méthode antiseptique

Après avoir étudié les expériences faites par Pasteur pour résoudre la question de la « génération spontanée », Lister avait compris que l'infection des plaies était due à l'introduction de germes dans les tissus. Aussi, dès 1867, il ne faisait une opération qu'en utilisant une substance capable de détruire les germes, le phénol :
— pour le lavage de ses mains et de la partie du corps où il devait pratiquer une intervention;
— pour nettoyer ses instruments et imprégner les pansements qu'il devait utiliser.
Grâce à toutes ces précautions, la mortalité après amputation fut abaissée de 60 à 15 pour 100. Depuis, le phénol a été remplacé par d'autres antiseptiques : la teinture d'iode, l'alcool à 90°, l'éther, l'eau oxygénée, le mercurochrome...

Quand on emploie des antiseptiques pour détruire les bactéries existant dans une plaie ou à la surface de la peau, ainsi que celles qui se trouvent sur les instruments et les pansements utilisés au cours des soins donnés à une plaie ou pendant une intervention chirurgicale, on pratique l'antisepsie.





7 les étapes d'une coccie

Une coccie est une infection causée par des streptocoques ou par des staphylocoques.

Un foyer d'infection s'est formé à la suite d'une légère blessure ; savez-vous pourquoi ? Comment se manifeste l'inflammation des voies lymphatiques ? Quelle est la température du malade ? Que faut-il pour que les bactéries se déversent dans le sang ? Dans quel vaisseau se déversent-elles ? Par quels vaisseaux sont-elles conduites au foie ?

8 les deux types de phagocytes

- Les polynucléaires sont des phagocytes mobiles qui traversent la paroi des capillaires sanguins et se dirigent vers les bactéries.

- Les grandes cellules phagocytaires sont abondantes dans le foie et la rate ; on les appelle cellules de défense des tissus.

9 une ampoule-seringue de sérum antitétanique

Sur la boîte, que lisez-vous ? Alors, pourquoi le médecin fait-il une injection de ce sérum lorsqu'une plaie est souillée de terre ? En France, par an, en moyenne, le tétanos provoque 250 décès.

méthode aseptique

En 1878, Pasteur préconisa la « suppression préventive de tout germe » tant au cours des soins donnés à une plaie que pendant une intervention chirurgicale : c'est ce qu'on appelle l'asepsie. Au cours d'une intervention, l'asepsie est obtenue actuellement grâce aux précautions suivantes :
— la salle d'opération **10** est interdite à toute personne non revêtue de vêtements spéciaux, stérilisés à 120° à l'autoclave;
— l'air qui pénètre dans cette salle est filtré;
— tous les instruments utilisés sont stérilisés par chauffage à 180° dans un four Pasteur (page 211, **6**) ou dans une étuve à chauffage électrique;
— toutes les pièces de pansement et le fil employé pour les ligatures sont stérilisés dans des boîtes métalliques hermétiquement closes et conservées bien fermées jusqu'au moment de leur emploi.

Au cours d'une intervention chirurgicale, l'asepsie a pour but d'empêcher l'introduction de microbes dans la plaie.

applications de ces deux méthodes

Au cours d'une intervention chirurgicale, la région du corps où l'intervention doit être pratiquée est nettoyée à l'éther, puis badigeonnée de mercurochrome : ces pratiques relèvent de l'antisepsie.

Pour effectuer les premiers soins à une plaie accidentelle, qui contient toujours des microbes (c'est une plaie septique), on procède de la façon suivante :

— préparation du matériel : l'opérateur dispose autour de lui tout ce dont il aura besoin **12**;

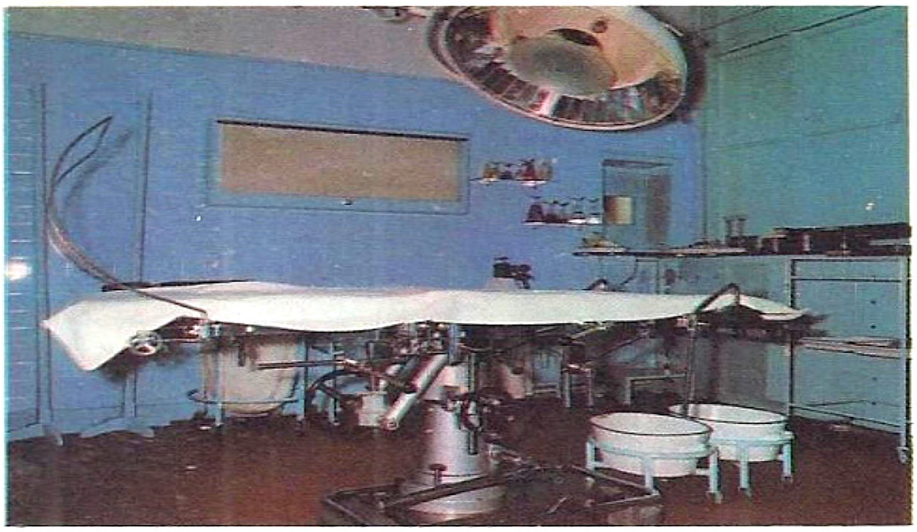
— nettoyage des mains : l'opérateur se savonne les mains, se brosse les ongles, se rince à l'alcool, mais ne s'essuie pas les mains (dites pourquoi);

— nettoyage de la plaie : avec l'une des pinces stérilisées, il prélève un tampon de coton stérilisé, le trempe dans l'eau bouillie, le frotte sur le savon et nettoie la plaie en allant du centre vers le pourtour. Avec des ciseaux et des pinces stérilisés, il coupe les lambeaux de peau et enlève les graviers;

— destruction des microbes dans la plaie : avec un antiseptique (lequel ?) qu'il verse sur la plaie;

— protection de la plaie : avec une pince stérilisée, l'opérateur prélève une compresse stérilisée et l'applique sur la plaie; il met ensuite une couche de coton hydrophile stérilisé, et une compresse qu'il maintient avec des bandes de sparadrap.

Après avoir détruit les microbes existant dans une plaie accidentelle (antisepsie), on veille à ne pas en introduire (asepsie), puis on protège la plaie avec un pansement aseptique.



10 une salle d'opération

C'est un local facile à nettoyer, bien éclairé, avec le minimum de matériel. Les boîtes métalliques contenant les instruments stérilisés ne sont apportées qu'avant l'intervention. Remarquez la table d'opération.

Le futur opéré passe d'abord dans un sas d'entrée qui réalise l'isolement, puis dans la salle d'anesthésie.

11 le lavage des mains et les gants

Le chirurgien fait couler de l'eau et du savon grâce à des pédales. Les mains sont longuement brossées, savonnées, rincées, puis plongées dans de l'alcool. Le chirurgien les laisse sécher et, aidé par une infirmière, met sa camisole et sa bavette ; enfin, il enfile ses gants en prenant soin de ne jamais toucher l'extérieur des gants.

12 ce qu'il faut préparer pour soigner une plaie

- On fait bouillir de l'eau pendant 15 mn et on la laisse refroidir. Que ferez-vous pour savoir à partir de quel moment vous pourrez utiliser l'eau ?
- Dans un plat métallique, on verse de l'alcool que l'on enflamme : dites pourquoi.
- Énumérez le matériel que l'on a préparé et indiquez à quoi chaque chose doit servir.

22 notion d'antibiotique

On appelle antibiotique (du grec : anti, contre, et bios, vie) une substance qui arrête la multiplication des microbes et, par suite, permet à l'organisme d'utiliser ses moyens normaux de défense : la phagocytose et les anticorps.

Certains antibiotiques à doses élevées, par exemple, la pénicilline, détruisent les bactéries : ce sont des substances bactéricides.

La découverte de la pénicilline stimula les chercheurs qui réussirent à extraire d'autres substances ; d'après leur origine, on distingue :

— les antibiotiques extraits de moisissures : la pénicilline, la streptomycine, l'auréomycine, la terramycine, la tétracycline... ;

— les antibiotiques extraits de certaines bactéries : citons la tyrothricine que l'on utilise dans le traitement des maux de gorge.

Actuellement, on prépare certains antibiotiques par synthèse dans des usines chimiques.

A observation de Fleming

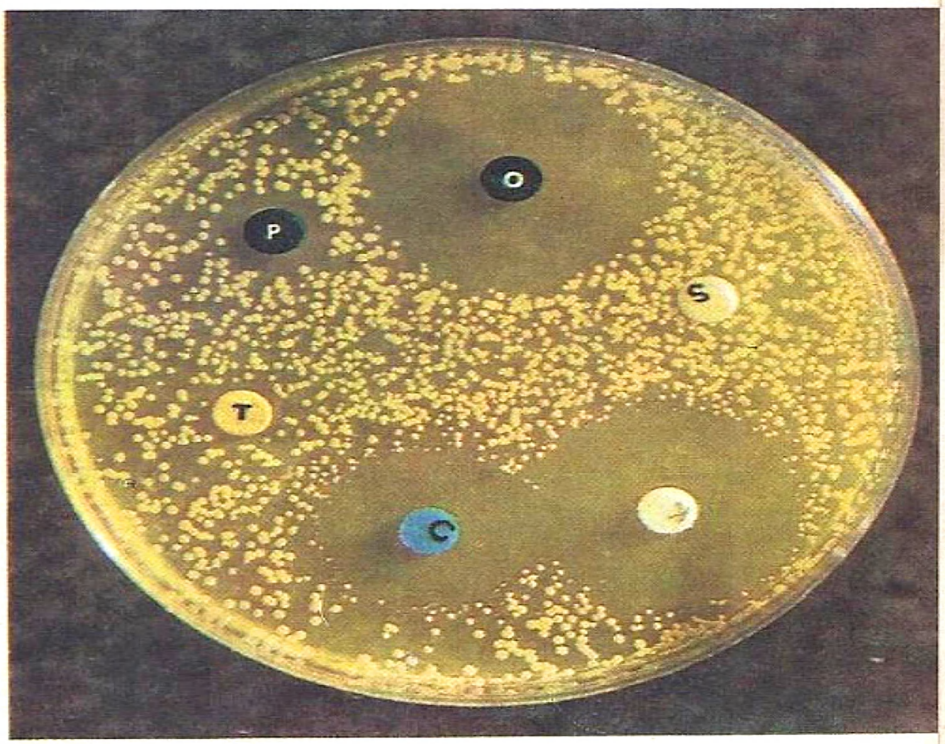
En 1928, Fleming remarqua que, dans une boîte de Pétri où il cultivait des staphylocoques, les colonies de staphylocoques avaient disparu autour d'une tache formée par une moisissure.

B Fleming 1881-1955

C'est un Écossais qui, pendant près de 50 ans, a travaillé au laboratoire de bactériologie d'un grand hôpital de Londres. Dès 1921, il découvrit, dans les larmes, une substance qui détruit les microbes en les dissolvant. Nous vous recommandons la lecture de l'ouvrage suivant : « La Vie de Sir A. Fleming », par André Maurois.

C penicillium notatum

Cette moisissure, dont les filaments portent des chapelets de spores, est celle que Fleming avait observée dans une boîte de Pétri où il cultivait des staphylocoques sur gélose.



D antibiogramme

Sur la gélose d'une boîte de Pétri, on ensemence des bactéries (ci-contre, des staphylocoques dorés), puis on dépose des disques de papier imbibé de divers antibiotiques. La boîte est mise dans une étuve à 37° : au bout de 24 heures, que remarquez-vous ? Qu'en concluez-vous ?

Leçon

notion d'antibiotique

les expériences de Fleming

A la suite d'une observation fortuite, Fleming préleva un peu de la moisissure qui s'était développée dans une boîte de Pétri et mit cette moisissure dans un bouillon afin d'obtenir une culture pure.

Sur la culture pure de la moisissure, il préleva des spores et les transporta sur la gélose d'une boîte de Pétri. Lorsque la moisissure fut développée, Fleming implanta des bactéries suivant des bandes rayonnantes **1**. Au bout de quelques jours, il constata que certaines colonies microbiennes ne se développaient pas auprès de la moisissure.

Pendant ce temps, le bouillon sur lequel s'était développée la moisissure avait pris une teinte jaune. Fleming prit un peu de ce « jus » pour réaliser une 2e expérience **2**; les résultats furent analogues et Fleming eut le mérite d'en tirer cette conclusion :

La moisissure émet une substance chimique qui se diffuse dans la gélose et arrête le développement de certaines bactéries. Fleming pensa qu'il s'agissait d'un phénomène d'antibiose.

les propriétés du « jus de moisissure »

L'un des collaborateurs de Fleming réussit à extraire suffisamment de « jus » pour l'injecter à des lapins et des souris : le « jus » n'était pas toxique. Fleming entrevit les applications médicales de cette substance qu'il appela pénicilline puisqu'elle était produite par le penicillium notatum. Mais les moyens de son laboratoire étaient trop limités pour permettre l'extraction de quantités suffisantes de pénicilline en vue d'applications médicales.

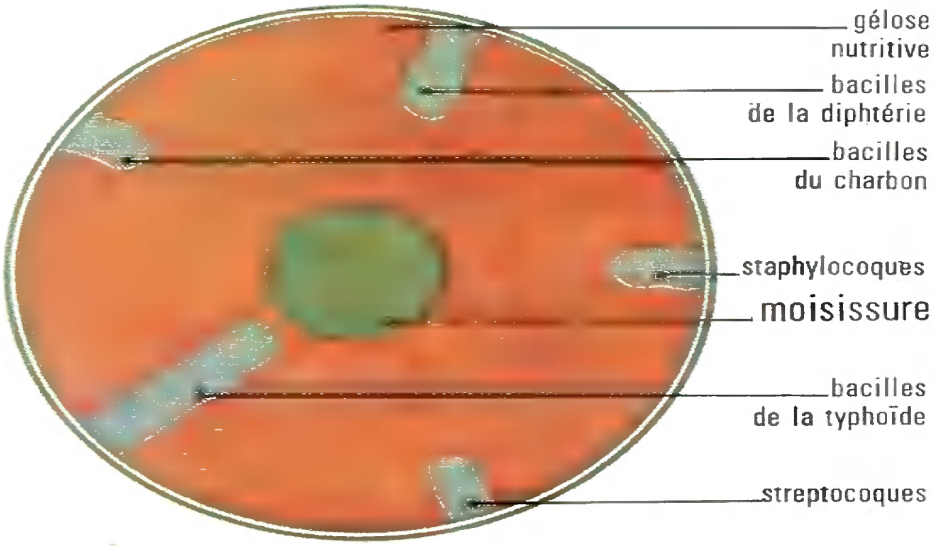
l'extraction de la pénicilline

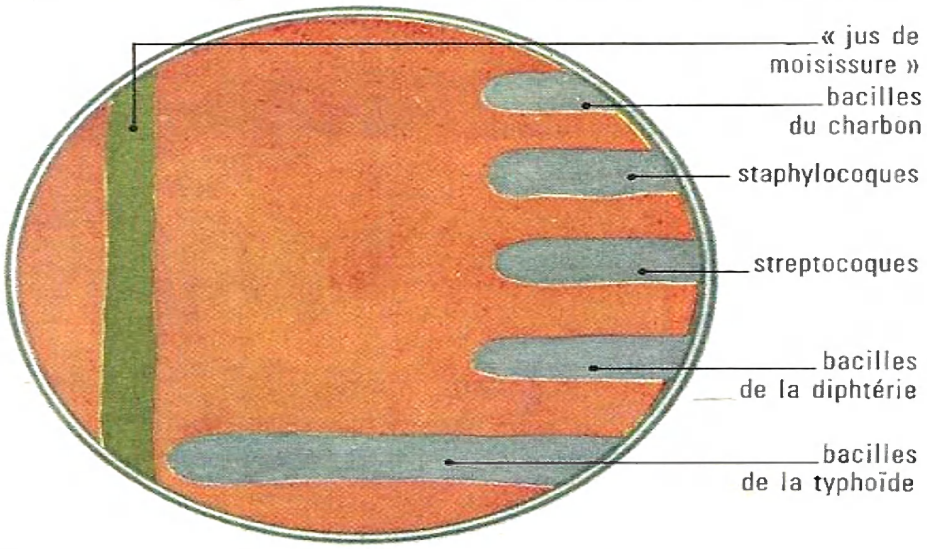
En 1939, l'Angleterre mit à la disposition de l'Université d'Oxford les moyens permettant d'extraire la pénicilline. Dès 1940, la pénicilline fut utilisée avec succès sur des malades septicémiques.

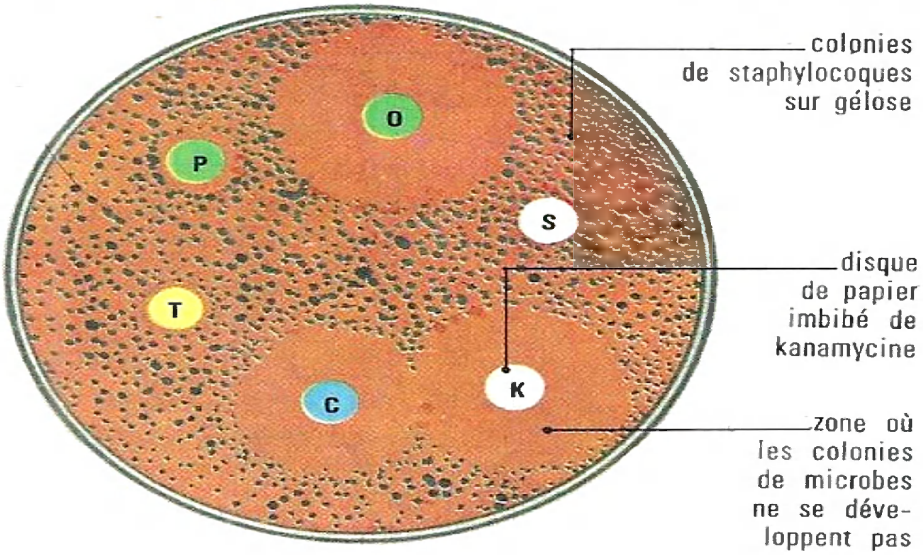
l'emploi des antibiotiques

La découverte des antibiotiques a permis de guérir un grand nombre de malades et de blessés que la médecine, il y a 30 ans, ne pouvait sauver ; d'où l'augmentation de la durée moyenne de la vie (p. 13). Mais, dès 1950, on s'aperçut que l'emploi des antibiotiques réalisait la sélection de germes résistants; c'est pourquoi les infections à staphylocoques constituent, de nouveau, un véritable fléau.

Afin d'éviter la sélection de germes résistants aux antibiotiques, l'emploi des antibiotiques doit être limité aux affections pour lesquelles le médecin ne possède pas d'autre arme.







1 première expérience de Fleming

Cette expérience montre que la moisissure appelée penicillium notatum :

- empêche le développement des colonies de staphylocoques, de streptocoques, de bacilles du charbon et de la diphtérie ;
- n'entrave pas le développement des bacilles de la typhoïde.

2 deuxième expérience de Fleming

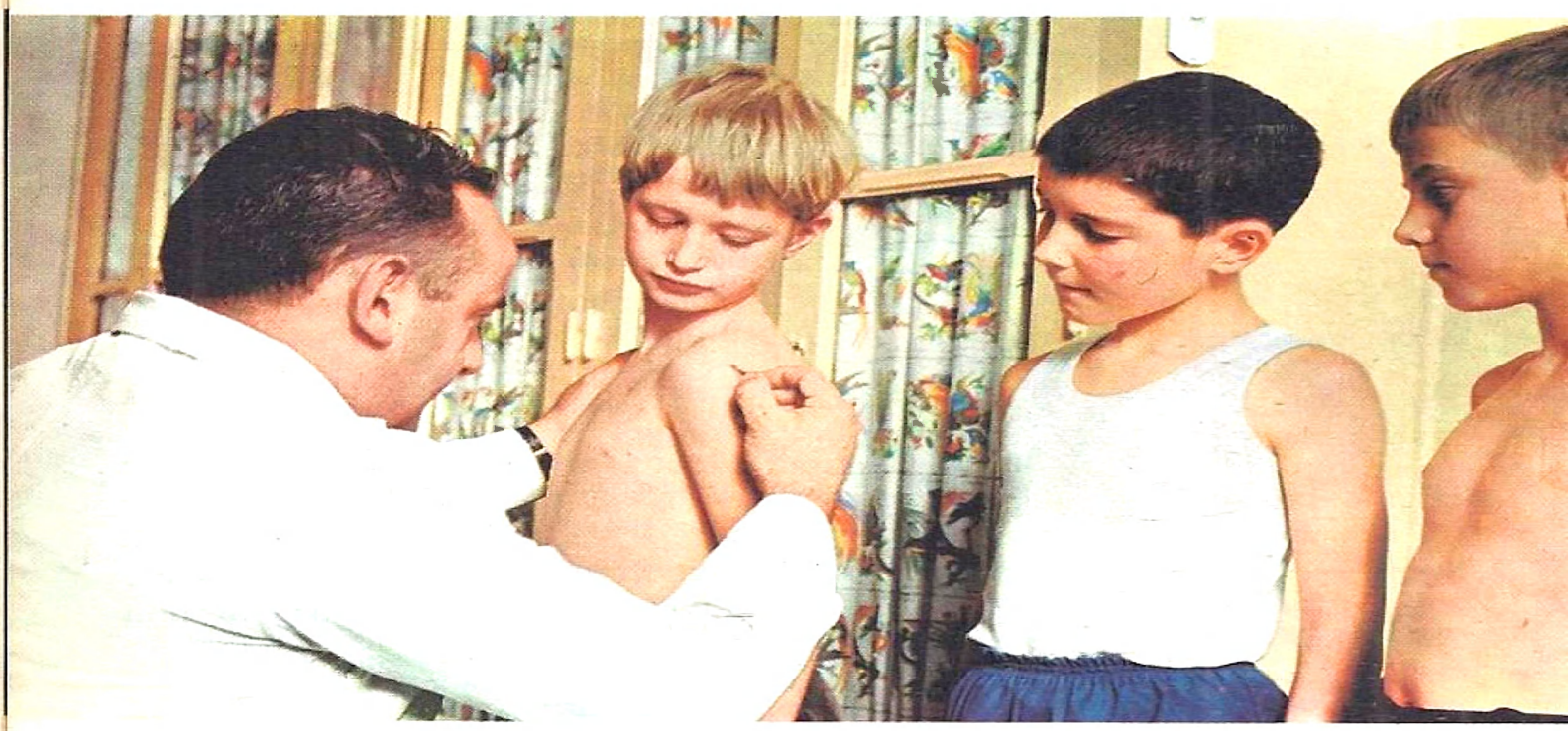
Fleming creusa une gouttière dans la gélose nutritive d'une autre boîte de Pétri et y versa du « jus de moisissure » ; puis il ensemença des bactéries suivant des bandes disposées perpendiculairement à la gouttière. Que signifie le mot antibiose ? Ce mot fut créé, en 1889, par le professeur Vuillemin.

3 ce que montre l'antibiogramme

Pour certains microbes, il existe de nombreuses races, ou souches ; or, les antibiotiques n'agissent pas de la même façon sur les différentes souches d'un microbe. Un antibiogramme renseigne le médecin sur l'antibiotique le plus actif sur le microbe cultivé.

	C	chloramphénicol
	K	kanamycine
	O	oxacilline
	P	pénicilline
	S	streptomycine
	T	tétracycline

23 variole et charbon : découverte des vaccins



La variole et le charbon sont des maladies contagieuses, c'est-à-dire des maladies qui se transmettent d'un sujet malade à un sujet sain. La découverte du vaccin antivariolique et celle du vaccin anticharbonneux ont permis de se préserver de ces maladies. Avant la découverte de chacun de ces vaccins :

— la variole faisait des ravages en Europe ;
— la maladie du charbon décimait les troupeaux de la Beauce et de la Brie.

La vaccination antivariolique a permis de débarrasser l'Europe de la variole; mais, dans le reste du monde, en 1967, on comptait encore plus de 80 000 cas de variole.

L'efficacité de la vaccination antivariolique est démontrée par les statistiques suivantes :

— en 1870-1871, l'armée française n'était pas vaccinée, 125 000 soldats eurent la variole et 23 000 en moururent ;
— en 1914-1918, tous les soldats étaient vaccinés, il n'y eut que 50 cas dont un seul mortel.

A revaccination antivariolique

Tout enfant est vacciné contre la variole dans sa première année, de préférence à 6 mois. La revaccination se fait à 11 ans. Que fait-on pour cela?

B — B′ varioleux

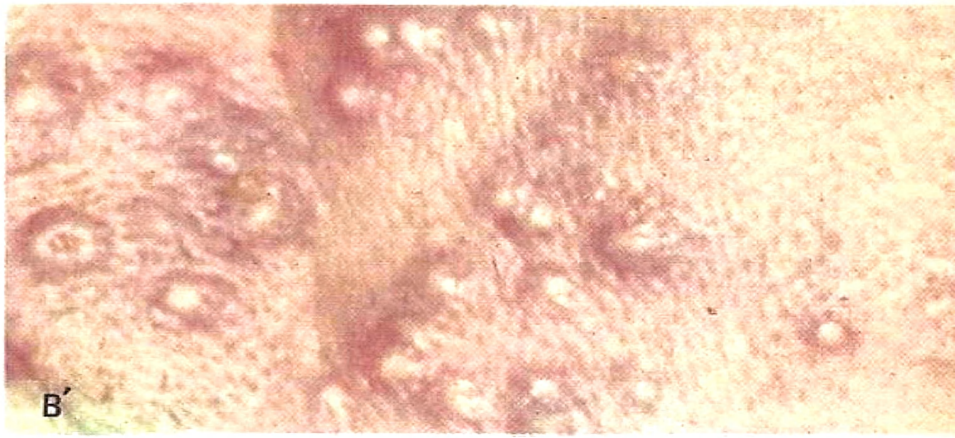
La peau est couverte de boutons pleins de pus, appelés pustules; il se forme des croûtes qui se détachent en laissant des trous; on dit que « la peau est grêlée ». Actuellement, grâce au traitement par les sulfamides, les pustules se dessèchent sans laisser de traces.

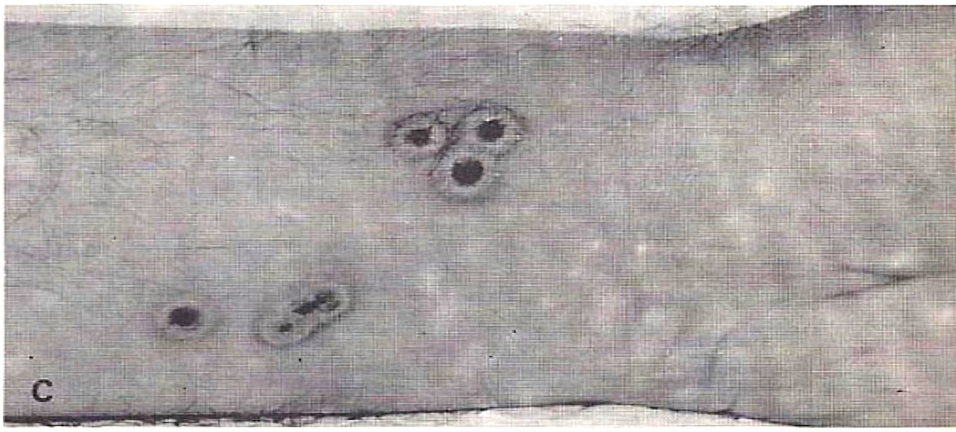
C pustules de la vaccine

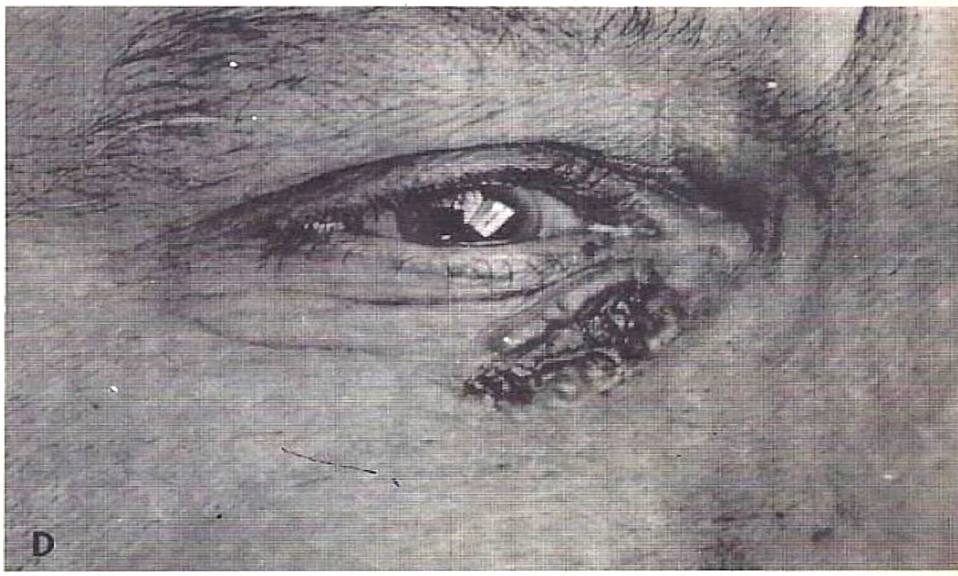
Sur l'avant-bras, aux endroits où il y avait de petites écorchures, se sont formées des pustules de vaccine. L'inoculation s'est produite au contact du pis d'une vache atteinte de la vaccine, maladie très bénigne voisine de la variole.

D pustule charbonneuse

Le charbon atteint surtout les moutons et les bœufs; mais l'homme peut aussi contracter cette maladie notamment à la suite d'une écorchure; il se forme alors un bouton à bords saillants : c'est une pustule charbonneuse. En l'absence de soins, la fièvre devient intense et le sujet meurt étouffé.







Leçon

variole et charbon : découverte des vaccins

I La variole : caractères et contagion

caractères de la maladie

La variole est une maladie qui comporte 3 périodes :
— période d'invasion (3 jours) : elle est caractérisée par des maux de tête et une forte fièvre **1** ;
— période d'éruption (4 jours) : la température est peu élevée **1** ; des taches rouges apparaissent sur la peau **2** A et se transforment en pustules **2** C ;
— période de suppuration (5 jours) : la fièvre redevient intense, les pustules s'ouvrent **2** D et suppurent ; des complications peuvent causer la mort.

La variole est caractérisée par une forte fièvre et une éruption cutanée; on dit que la variole est une fièvre éruptive.

contagion de la variole

La variole est due à un virus **3** A ; il est assez résistant : à l'air, il garde son pouvoir pathogène pendant plusieurs semaines dans les croûtes desséchées ; c'est pourquoi la variole se transmet :
— directement (contagion directe) par le pus variolique et les croûtes qui se détachent ;
— indirectement (contagion indirecte) par l'intermédiaire d'objets et du linge souillé par le malade.

La variole est une maladie contagieuse, c'est-à-dire une maladie qui se transmet d'un sujet malade à un sujet sain.

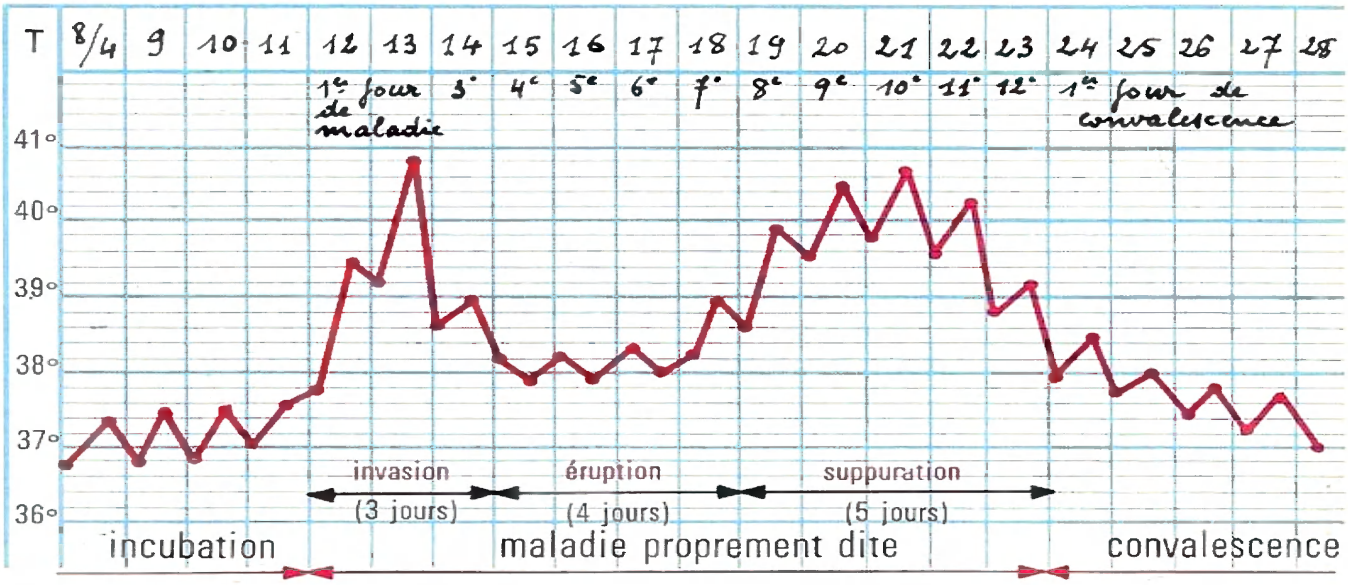
II Le vaccin antivariolique

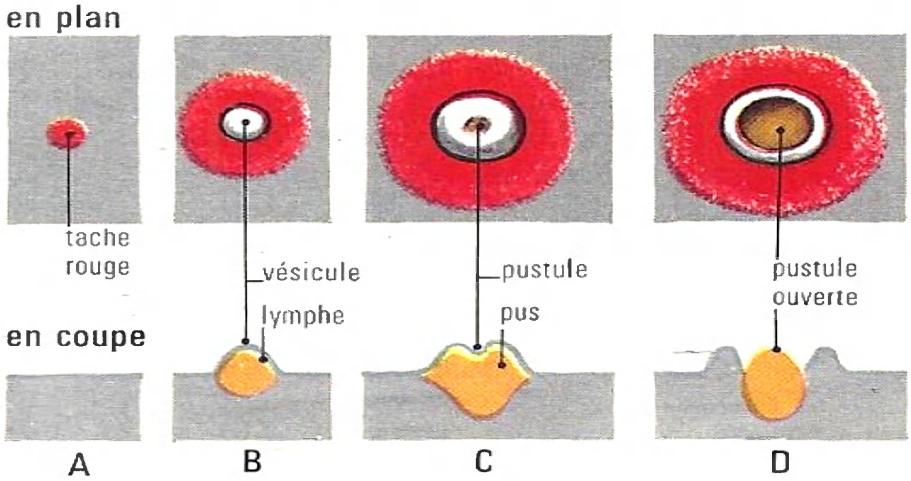
De tout temps, on avait remarqué que la variole ne récidive pas ; aujourd'hui, on dit qu'une première atteinte de la variole immunise contre la maladie. En Chine, dès le XIe siècle, pour immuniser contre la variole, on pratiquait la variolisation.

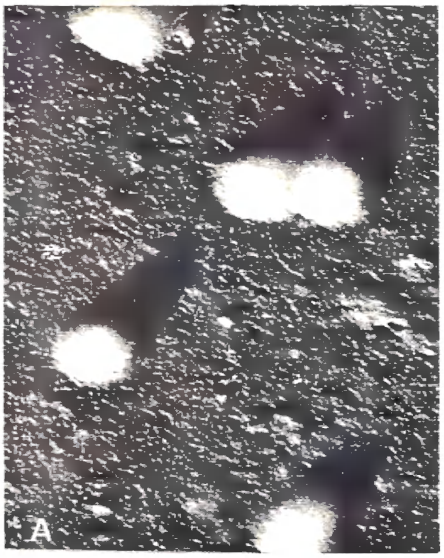
la variolisation

Sur des incisions faites sur la peau d'un sujet sain, on déposait un peu du contenu des pustules d'un individu atteint d'une variole bénigne. Cette pratique fut introduite au début du XVIIIe siècle en Angleterre. Elle permit de lutter contre la variole. Malheureusement, la virulence du germe de la variole pouvait s'accroître et l'on communiquait parfois une maladie mortelle à la personne en bonne santé que l'on voulait préserver de la variole.

Une première atteinte de la variole immunise contre cette maladie ; d'où la pratique, autrefois, de la variolisation.







1 courbe des températures

Après une incubation qui dure 12 jours, la maladie comporte 3 périodes ; lesquelles ?

Pendant la convalescence, les pustules se dessèchent et se couvrent d'une croûte.

2 formation des pustules

Qu'est-ce qui caractérise cette éruption ?

3 deux virus voisins

Ces photographies, prises au microscope électronique, sont au grossissement 30 000.

A Virus de la variole : c'est l'un des plus gros virus et pourtant il ne mesure que 200 mμ. Ce virus existe dans le sang d'un varioleux, le pus et les croûtes.

B Virus de la vaccine : c'est l'agent d'une maladie bénigne des chevaux et des bœufs.

la découverte de Jenner

Les vaches présentent parfois des pustules sur les mamelles **4** ; cette maladie est appelée cow-pox (de l'anglais : cow, vache, et pox, variole) du fait de la ressemblance avec les pustules de la variole. Les femmes qui traient les vaches atteintes de cette maladie peuvent avoir des pustules sur les mains et les bras : c'est le man-pox ou vaccine (du latin : vacca, vache).

Vers 1775, Jenner, médecin anglais, remarqua :
— que les vachères qui avaient eu la vaccine ne contractaient pas la variole ;
— que la variolisation restait sans effet sur elles.

Jenner poursuivit ses observations pendant 20 ans avant de se résoudre à inoculer la vaccine à des hommes puis, après quelques mois, à leur inoculer la variole; ils ne la contractèrent pas et la découverte de Jenner se répandit en 1796 sous le nom de vaccination jennérienne.

De nos jours, l'immunisation obtenue s'explique ainsi :
• le cow-pox est une maladie contagieuse des bovidés; elle est due à un virus, le virus de la vaccine ;
• en inoculant ce virus à l'homme, on lui communique la vaccine, maladie bénigne qui l'immunise contre la variole causée par un germe voisin, le virus de la variole.

la préparation du vaccin antivariolique

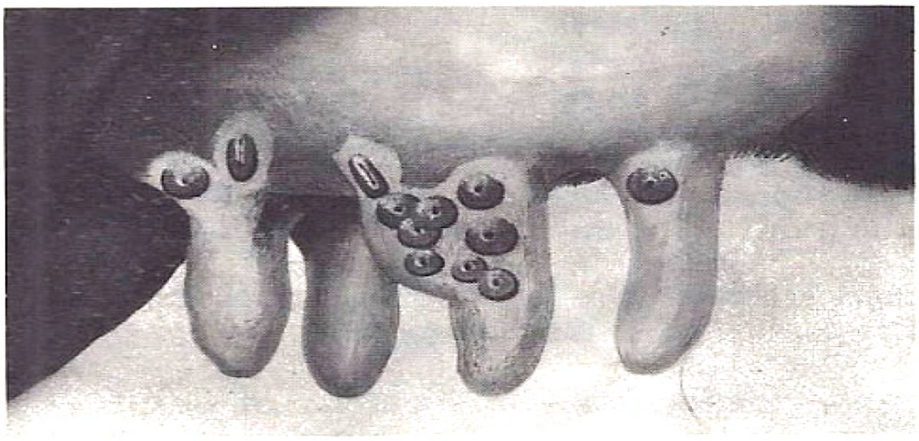
Actuellement, elle s'effectue de la façon suivante :
— après avoir rasé les flancs d'une génisse, on fait de nombreuses incisions dans la peau et, dans chacune d'elles, on inocule le virus de la vaccine;
— après quelques jours, des pustules apparaissent; on recueille les croûtes formées au-dessus des incisions **5**, on les broie, et on ajoute de la glycérine : ce qu'on obtient est le vaccin antivariolique.

Le vaccin antivariolique est préparé avec les croûtes récoltées sur une génisse à qui on a inoculé le virus de la vaccine; c'est un vaccin microbien : il contient le virus de la vaccine.

la vaccination antivariolique est obligatoire

Une loi de 1902 a rendu obligatoire la vaccination antivariolique au cours de la première année; il est recommandé de l'effectuer vers le 6e mois. Elle se fait par scarification à l'aide d'un vaccinostyle trempé dans le vaccin **6** A.
L'immunité qu'elle confère, dite immunité acquise, apparaît 10 à 12 jours après; elle persiste pendant 7 à 10 ans; c'est pourquoi la revaccination est obligatoire dans la 11e et la 21e année. En cas d'épidémie de variole, ce qui de nos jours est rare en France, la revaccination est conseillée.

La loi prescrit la revaccination antivariolique à 11 et 21 ans.



4 vaccine sur le pis d'une vache

Cette maladie, appelée aussi cow-pox, caractérisée par l'existence de pustules, se rencontre beaucoup moins souvent qu'autrefois.

Pourquoi a-t-on donné le nom de cow-pox à cette maladie des bovidés ? Est-elle transmissible à l'homme ?

5 récolte de la pulpe vaccinale

A l'aide d'une curette, on récolte les croûtes formées sur le flanc d'une génisse après inoculation de la vaccine ; ce qu'on obtient est la pulpe vaccinale. On mélange celle-ci avec de la glycérine.

Mais ce vaccin ne se conserve pas plus d'un mois une fois sorti du réfrigérateur ; c'est pourquoi on prépare un vaccin sec, en poudre, pour les pays chauds.

6 vaccination antivariolique

A On utilise une sorte de plume triangulaire à bords coupants, appelée vaccinostyle, pour faire une petite incision, ou scarification, à travers une goutte de vaccin.

B Cette pustule s'observe, chez le bébé, le 10e jour après la vaccination antivariolique.

C Cette croûte brune s'observe, chez l'enfant, 10 jours après la revaccination ; ainsi l'évolution est plus rapide que lors de la première vaccination.

III La maladie du charbon

l'agent pathogène

Dans le sang d'un animal charbonneux **7**, il existe de nombreux bacilles. Pasteur montra que, en injectant une goutte d'une culture pure de bacilles du charbon à un animal **9**, celui-ci devient malade et, bientôt, meurt du charbon. Pasteur en conclut :

Le bacille observé dans le sang d'un animal charbonneux est la cause de la maladie du charbon.

le bacille doit être inoculé

Pasteur montra que des moutons et des bœufs consommant de la luzerne arrosée avec une culture de bacilles du charbon contractaient rarement la maladie. Mais, lorsqu'on mélangeait au fourrage des chardons pouvant léser la muqueuse du tube digestif, tous les animaux devenaient malades ; ainsi :

Pour qu'un sujet devienne charbonneux, il faut qu'il y ait inoculation, c'est-à-dire que le bacille (ou sa spore) pénètre dans l'organisme par une lésion cutanée ou des muqueuses.

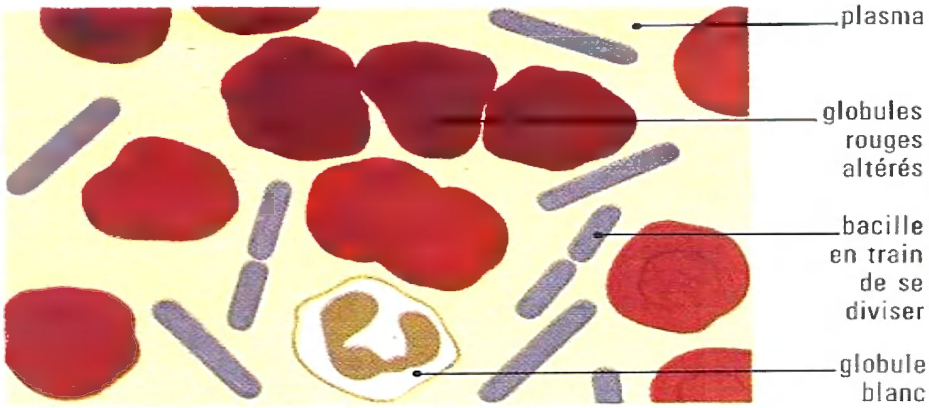
IV Le vaccin anticharbonneux

Pasteur avait remarqué que les vaches atteintes de formes bénignes de la maladie du charbon ne contractaient plus, par la suite, cette maladie : elles étaient immunisées contre le charbon ; c'est ce qu'on appelle, aujourd'hui, l'immunité acquise.

découverte d'un procédé d'immunisation

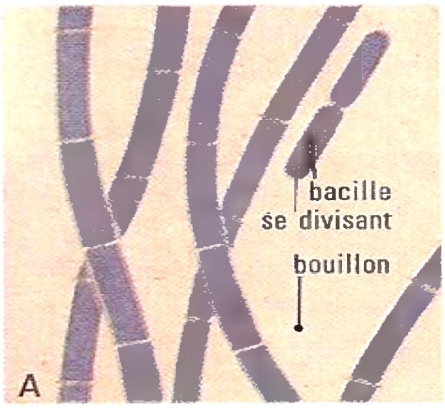
« Il faut, disait Pasteur, immuniser contre les maladies dont nous connaissons le germe » ; mais, malgré de nombreux essais, il n'y parvenait pas. Une observation le mit sur la voie. Pasteur étudiait alors le choléra des poules : il avait réussi à isoler le microbe et à obtenir des cultures pures très virulentes. En son absence, deux de ses collaborateurs (Chamberland et Roux) abandonnèrent à l'air une culture. Après quelques semaines, lorsqu'ils inoculèrent quelques gouttes de cette culture à des poules, elles furent malades, mais guérirent. Quelques jours après, en leur inoculant une culture très virulente, les poules ne furent pas malades. Quand ses collaborateurs lui confièrent leur insuccès, Pasteur s'écria : « Ces poules sont immunisées ! »

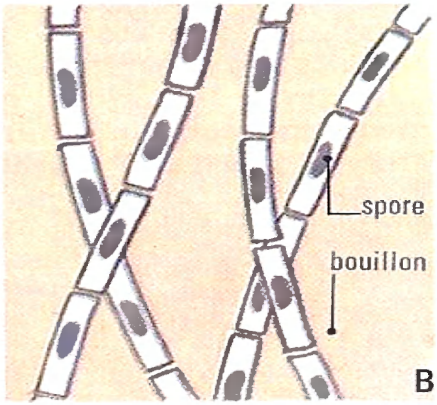
Pasteur et ses collaborateurs découvrirent que la virulence d'un microbe (celui du choléra des poules) pouvait être atténuée par vieillissement à l'air ; mais l'inoculation de ce microbe à virulence atténuée immunise contre la maladie.



7 le sang d'un mouton charbonneux

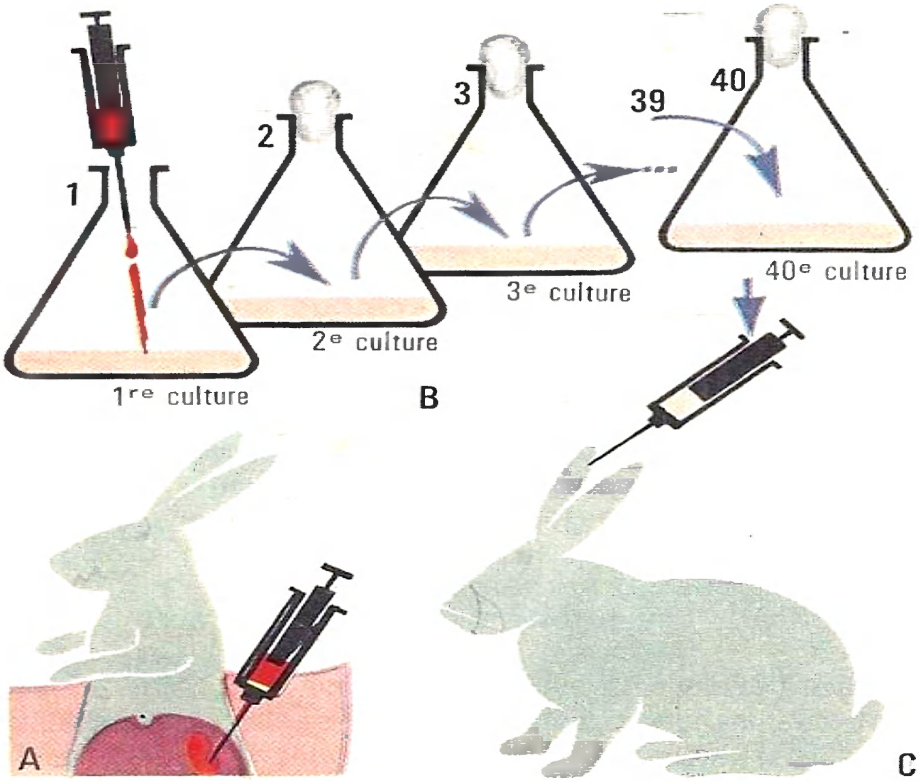
Le bacille se multiplie dans le sang en causant une septicémie. Le bacille prive les globules rouges de l'oxygène qu'ils transportent : le sang devient noir (d'où le nom donné à la maladie) et l'animal présente les signes de l'asphyxie.





8 la culture du bacille charbonneux

A Dans un milieu de culture liquide, les bacilles se multiplient en formant des filaments enchevêtrés. **B** En surface, donc à l'air, les bacilles engendrent des spores qui se forment au centre de chaque bacille.



9 le bacille est l'agent pathogène

Pour le prouver, Pasteur fit, en 1878, l'expérience suivante :

- il préleva du sang sur un animal mort du charbon A et introduisit ce sang dans un milieu de culture stérilisé B ;
- après 1 ou 2 jours, une goutte du bouillon servait à ensemencer un autre bouillon ; et ainsi de suite B ;
- à la 40e culture, le liquide ne contenait plus de trace du sang ;
- or, en inoculant une goutte de cette culture à un lapin, l'animal mourait de la maladie du charbon.

découverte du vaccin anticharbonneux

Avec ses collaborateurs, Pasteur essaya d'atténuer la virulence d'une culture du bacille du charbon. Or, à l'air, ces bacilles forment des spores qui, en germant, donnent des bacilles virulents.

En maintenant une culture du bacille du charbon à 42,5°, température à laquelle il ne se forme plus de spores, la virulence des bacilles est atténuée et d'autant plus qu'ils sont maintenus plus longtemps à cette température. Ces bacilles, mis ensuite à une température plus basse, donnent des spores qui engendrent des bacilles à virulence atténuée.

En inoculant ces bacilles à un animal, celui-ci n'est pas malade. Par la suite, si on inocule au même animal des bacilles du charbon virulents, l'animal ne présente aucun trouble grave : on lui a conféré l'immunité; ainsi une culture de bacilles du charbon à virulence atténuée se comportait comme le vaccin contre la variole, connu depuis 1796, mais dont on ignorait la nature. Par analogie, Pasteur donna aussi le nom de vaccin à la culture obtenue.

Pasteur a montré qu'on peut immuniser un sujet contre une maladie contagieuse en lui inoculant une préparation contenant des microbes dont la virulence est atténuée; ces microbes appartenant à l'espèce qui cause la maladie.

l'efficacité du vaccin

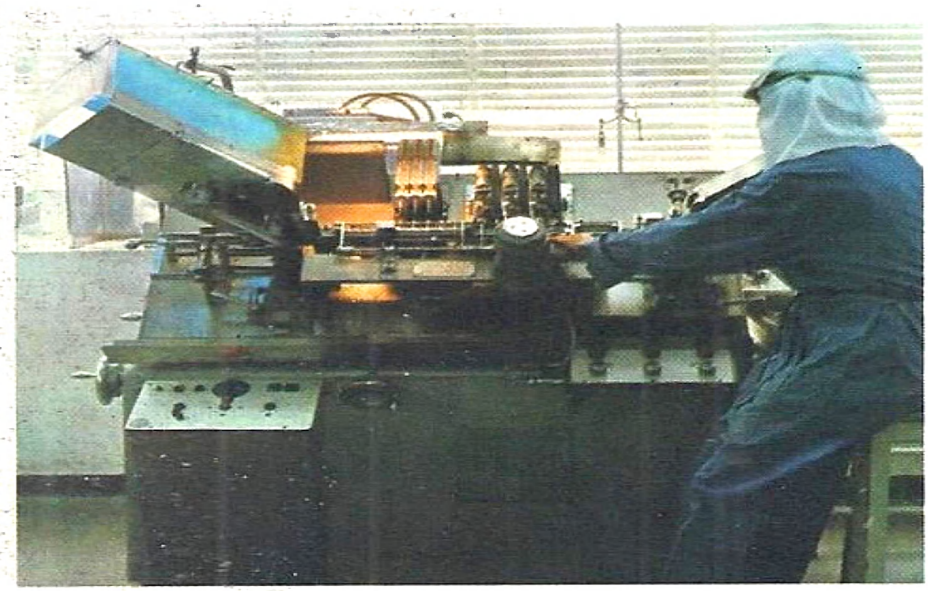
La découverte du vaccin anticharbonneux fut accueillie avec tant d'incrédulité que Pasteur accepta, en 1881, de réaliser une expérience publique :
— au début du mois de mai, sur 50 moutons mis à sa disposition, Pasteur en vaccina 25;
— le 31 mai, une culture virulente du bacille du charbon fut inoculée aux 50 moutons;
— le 2 juin, date prévue par Pasteur, les 25 moutons non vaccinés étaient morts alors que les 25 moutons vaccinés étaient en bonne santé.

A la suite de cette expérience, des centaines de milliers de bêtes furent vaccinées et c'est ainsi que la maladie du charbon a pratiquement disparu.

mode d'action du vaccin

Ce mode d'action a été découvert en deux étapes :
— dès 1882, Metchnikoff a montré que la vaccination accroît le pouvoir phagocytaire **12**;
— depuis, divers savants ont montré que, chez un sujet vacciné, le sang contient un anticorps qui favorise la phagocytose des bacilles par les globules blancs. Il faut 3 semaines pour que l'anticorps soit sécrété : l'immunité est lente à s'établir.

Un vaccin provoque la sécrétion d'anticorps, ce qui accroît le pouvoir phagocytaire. L'immunité est lente à s'établir (3 semaines); mais elle est de longue durée (plus de 2 ans).



10 la mise en ampoules d'un vaccin

Le vaccin, de titre exactement défini, est contenu dans de grandes bouteilles. La mise en ampoules est automatique ; elle s'effectue en atmosphère stérile sous l'action de rayons ultraviolets.

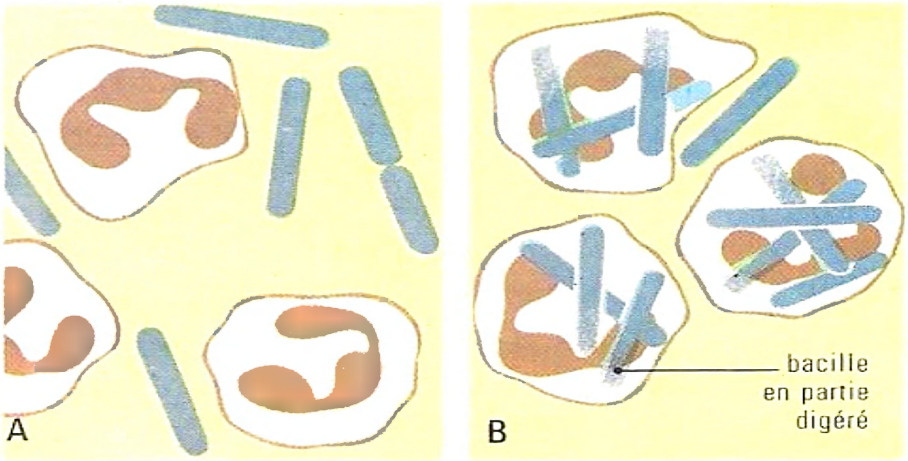
Avec le contenu d'une grande bouteille on remplit, en moyenne, 1 500 ampoules.

11 le contrôle d'un vaccin

Il est effectué en prélevant trois ampoules sur un lot de 1 500.

Le contrôle a pour but de vérifier l'innocuité du vaccin, c'est-à-dire de prouver qu'il n'est pas nuisible, et de déterminer son pouvoir vaccinant.

Pour vérifier l'innocuité d'un vaccin, on injecte celui-ci à une souris (ci-contre) ou dans un embryon de poulet selon la nature du vaccin contrôlé.

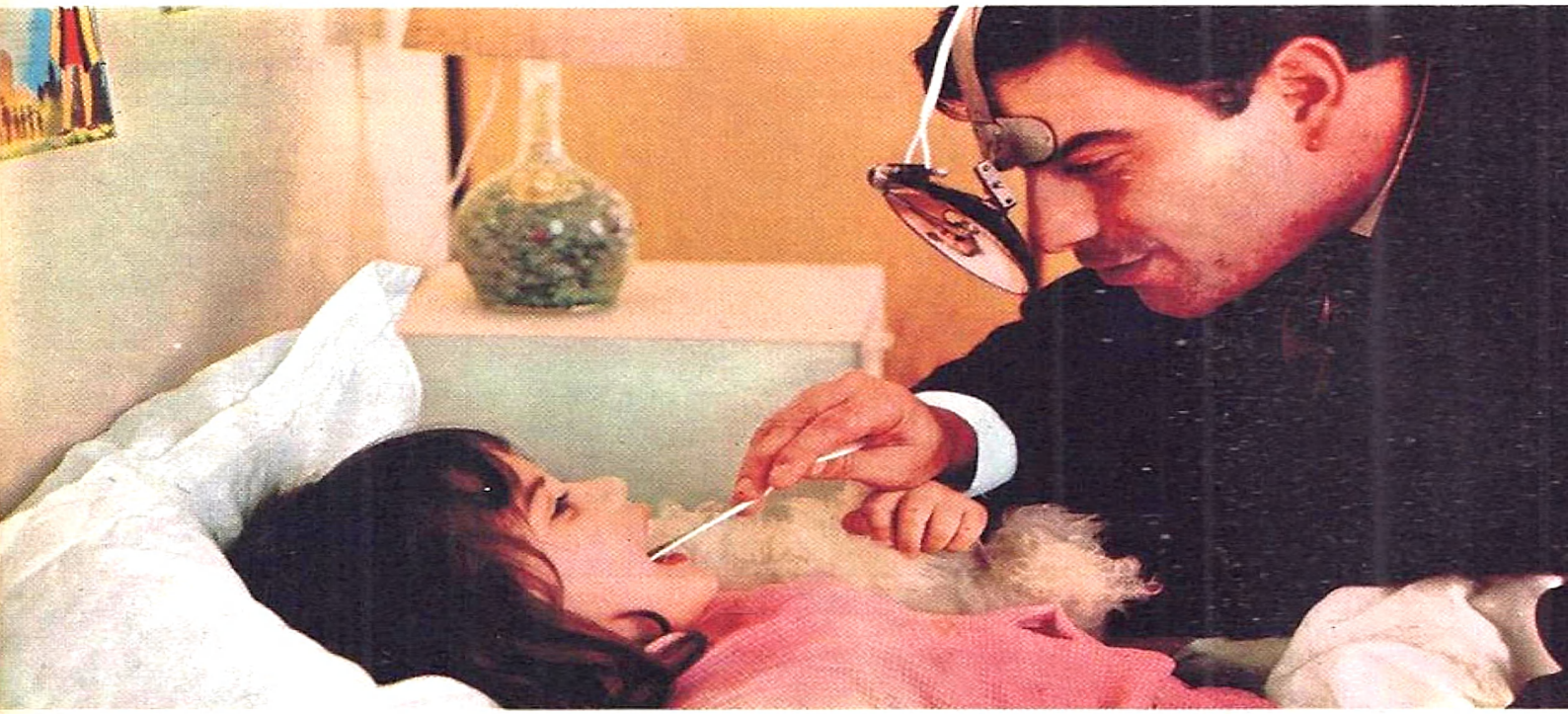


12 la vaccination favorise la phagocytose

A Les globules blancs d'un animal non vacciné (mouton ou lapin) ne peuvent pas phagocyter les bacilles virulents du charbon.

B Trois semaines après la vaccination, la phagocytose est très active. Comment l'expliquez-vous ? Et pourquoi ce délai de trois semaines ?

24 diphtérie : anatoxine et sérum



La diphtérie est une maladie contagieuse qui frappe surtout les enfants de 2 à 7 ans. Autrefois, la diphtérie était la terreur des mères : la mortalité atteignait parfois 70 % des cas. Depuis 1894, l'emploi du sérum antidiphtérique a réduit le nombre de cas mortels à 8 ou 10 %.

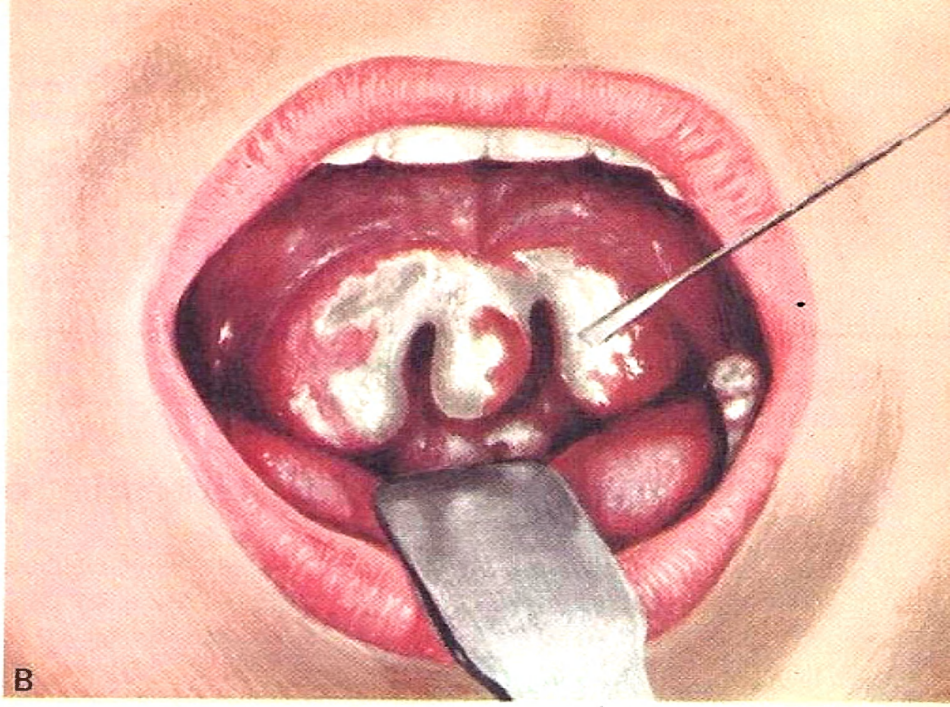
Mais, en 1945, en France, il y avait plus de 45 000 cas de diphtérie; or, en 1965, il n'y en avait plus que 251 ; cette régression de la diphtérie est due à la généralisation de la vaccination par l'anatoxine depuis 1945.

Le plus souvent la diphtérie est caractérisée :
— par des peaux blanchâtres, dites fausses membranes, se formant sur les amygdales;
— par une température peu élevée (38-38,5°); pourtant le malade est pâle et très abattu.

Dans d'autres maladies, il se forme aussi des fausses membranes ; c'est pourquoi le diagnostic n'est certain qu'après culture du germe.

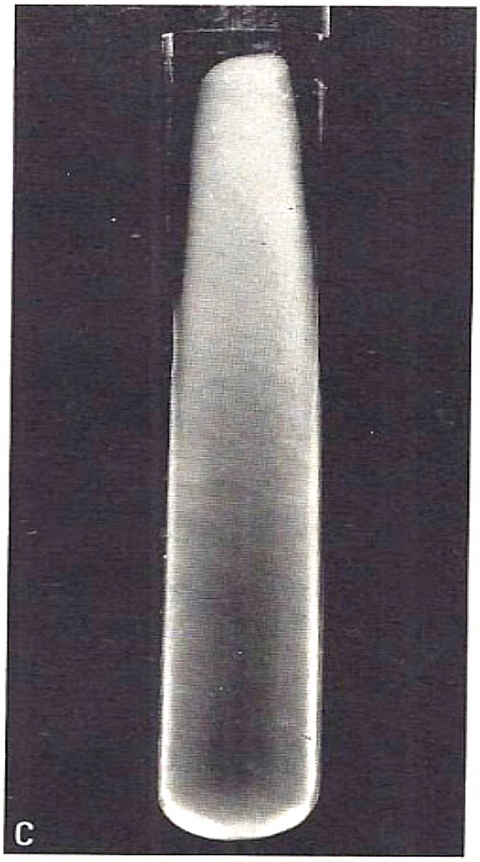
A B l'examen de la gorge

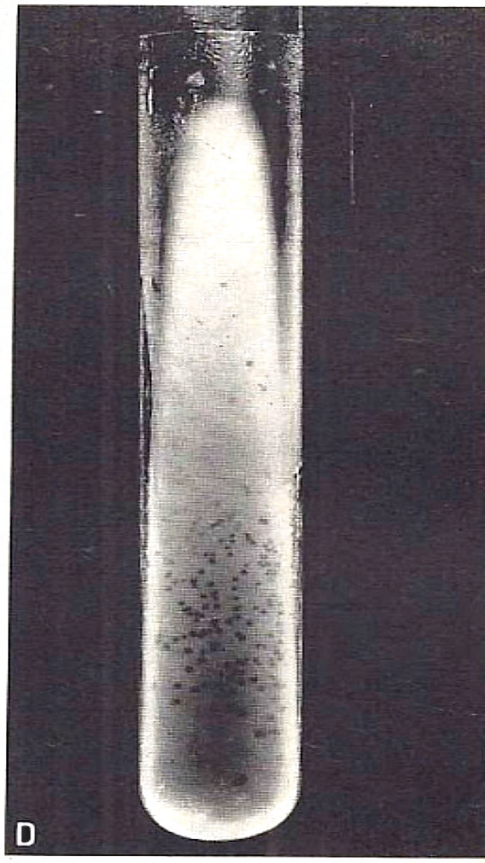
En cas d'angine, c'est-à-dire d'inflammation de la gorge, le médecin examine la gorge en utilisant une lampe frontale qui éclaire la gorge du malade. Dans le cas d'une angine diphtérique, des points blancs apparaissent sur une amygdale, s'étendent, et forment une tache qui gagne l'autre amygdale et la luette. Ces sortes de peaux blanchâtres sont appelées fausses membranes; d'où le nom de la maladie (du grec : diphtera, membrane).



C D culture du germe

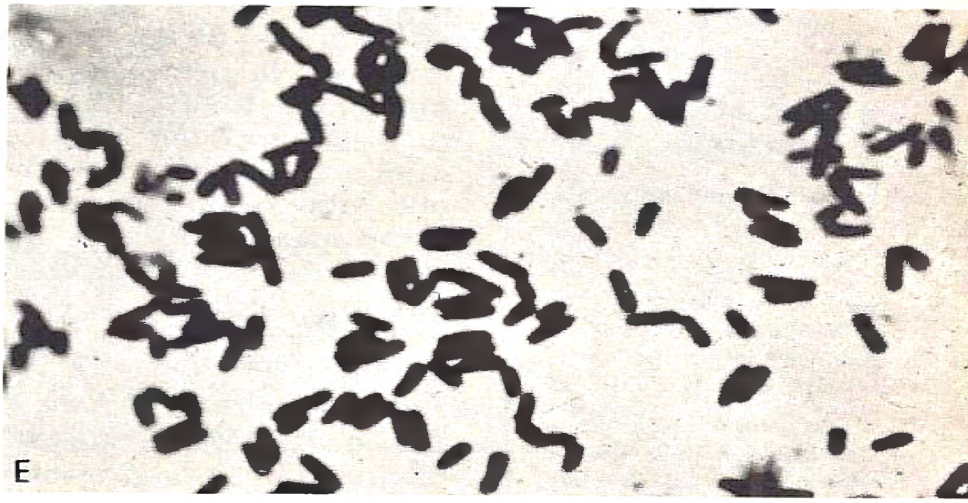
A l'aide d'une spatule, le médecin prélève une parcelle de la fausse membrane et ensemence du sérum de bœuf coagulé à la chaleur C; le milieu est alors blanc et homogène. On met le tube dans une étuve à 37 degrés. L'aspect des colonies observées après 18 h (tube D) permet d'affirmer qu'il s'agit du germe de la diphtérie.





E l'examen microscopique après culture

On prélève une colonie dans le tube D, on la dépose sur une lame, on l'étale, on sèche le frottis, et on le colore. Les bacilles de la diphtérie sont reconnaissables à leurs bouts en forme d'haltère.



Leçon

diphtérie : anatoxine et sérum

I L'agent de la diphtérie et son action

l'agent pathogène

Quand on fait un prélèvement de fausse membrane sur un diphtérique et qu'on ensemence du sérum de bœuf coagulé **1** A, après un séjour de 18 heures en étuve à 37°, on observe des colonies en « tache de bougie » **1** B. L'examen microscopique d'une colonie montre qu'elle est formée de bacilles à bouts renflés et arrondis **1** C, appelés bacilles de Löffler du nom de celui qui les a isolés le premier.

son mode d'action

Le bacille de Löffler ne se rencontre jamais dans le sang : il se développe au point d'infection, mais il sécrète une toxine, la toxine diphtérique, qui peut provoquer des troubles cardiaques, la paralysie des muscles respiratoires, des lésions rénales; comme le tétanos, la diphtérie est une toxi-infection.

En filtrant une culture de bacilles diphtériques **2** B, deux disciples de Pasteur, Roux et Yersin, purent mettre en évidence cette toxine. En effet, en injectant un peu du filtrat à un cobaye **2** C, ils provoquèrent l'apparition des complications caractéristiques de la diphtérie et la mort de l'animal.

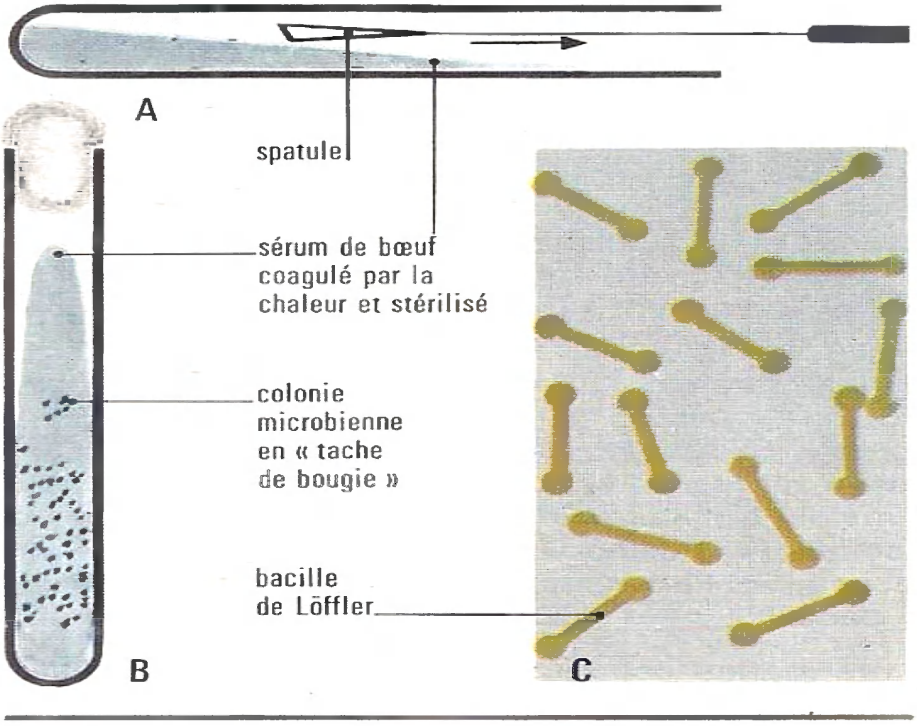
L'agent de la diphtérie est le bacille de Löffler; il se développe au point d'infection, mais il sécrète une toxine qui se diffuse dans l'organisme : la diphtérie est une toxi-infection.

II L'anatoxine diphtérique

sa découverte

La toxine diphtérique est mortelle à dose très faible. Or, en maintenant de la toxine diphtérique additionnée de formol (4 pour 1 000) à 40° pendant un mois, le professeur Ramon a montré, en 1923, que cette toxine devenait une substance nouvelle qu'il a appelée anatoxine diphtérique. Celle-ci, injectée à un animal, ne provoque aucun trouble : elle n'a donc aucune toxicité; mais l'anatoxine immunise contre la diphtérie, car elle provoque la sécrétion d'un anticorps (antitoxine diphtérique) capable de neutraliser la toxine diphtérique.

Le professeur Ramon a mis en évidence la possibilité de vacciner un sujet contre une toxi-infection par injection d'anatoxine, c'est-à-dire de toxine modifiée par l'addition de formol et le séjour à l'étuve pendant un mois.



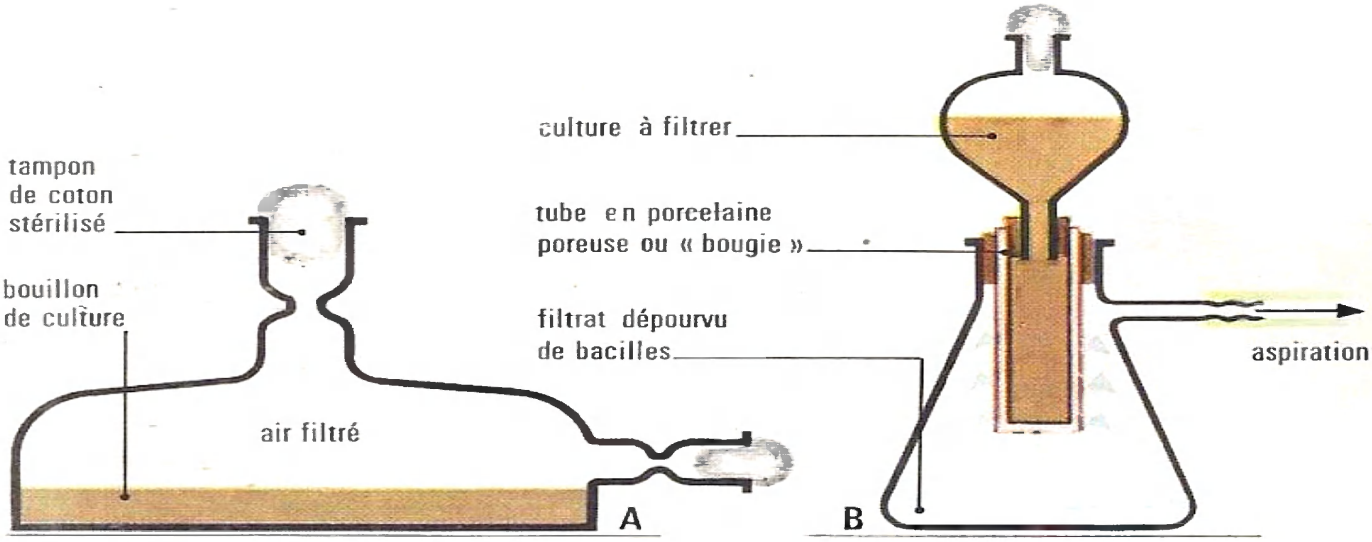
1 le diagnostic bactériologique de la diphtérie

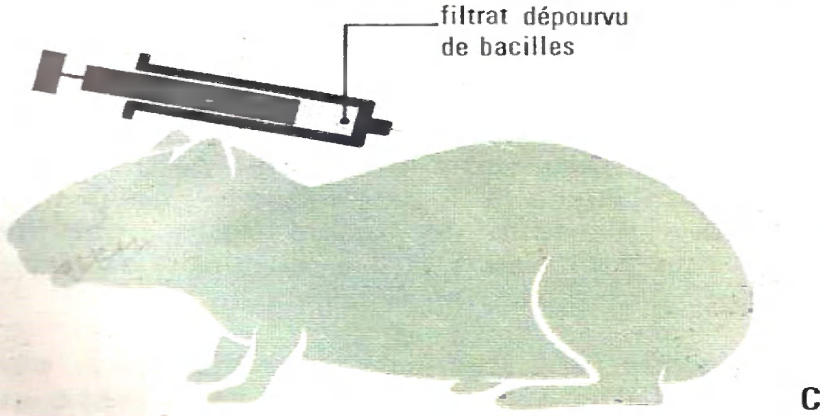
Pourquoi fait-on un prélèvement dans la gorge d'un sujet atteint d'angine et qui n'a pas une forte fièvre ?

A La spatule avec laquelle on a fait le prélèvement est déplacée à la surface du milieu.

B Après 18 heures à l'étuve à 37°, on voit de nombreuses petites colonies, rondes, saillantes, grisâtres, dites en « tache de bougie ».

C On a prélevé une colonie en B et on l'a étalée sur une lame.





2 la toxine diphtérique

Ces expériences furent réalisées en 1888.

A Culture du bacille.

B Filtration d'une culture avec une « bougie » en porcelaine qui retient les bacilles.

C Que provoque l'injection de quelques gouttes du filtrat à un cobaye ?

l'immunisation est lente et spécifique

Chez un sujet vacciné avec l'anatoxine diphtérique, la sécrétion de l'antitoxine par les globules blancs est lente : l'immunisation commence 2 semaines après la première injection et elle n'est maximum qu'après 3 injections ; mais elle est de longue durée (environ 5 ans). Elle est spécifique, c'est-à-dire qu'elle ne préserve pas l'organisme contre une autre toxi-infection (tétanos, par exemple). Mais, après la découverte de l'anatoxine diphtérique, le professeur Ramon a préparé l'anatoxine tétanique.

la pratique de la vaccination

On n'emploie pas l'anatoxine diphtérique seule, car l'emploi simultané de plusieurs vaccins (vaccins associés) paraît favoriser l'action de chacun d'eux. Pour la diphtérie, la loi impose la vaccination par un mélange d'anatoxine diphtérique et d'anatoxine tétanique (anatoxine D.T.) ; on peut y adjoindre un vaccin antipoliomyélitique (vaccin D.T. Polio) ce qui est conseillé pour les bébés à partir du 7e mois.

La vaccination comporte trois injections à un mois d'intervalle ; une 4e injection, dite rappel, est faite un an après. On fait un rappel à 6 ans, mais on ne fait pas de rappel antidiphtérique à 11 ans, car l'injection pourrait provoquer une réaction défavorable.

L'anatoxine diphtérique confère une immunité active, puisque l'organisme vacciné fabrique lui-même de fortes doses d'antitoxine diphtérique ; cette immunité est de longue durée.

III Le sérum antidiphtérique

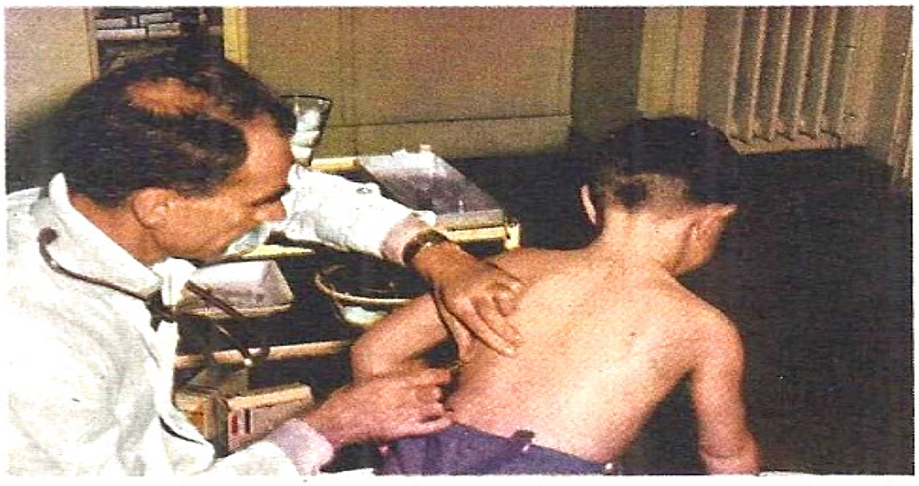
le transfert d'immunité entre animaux

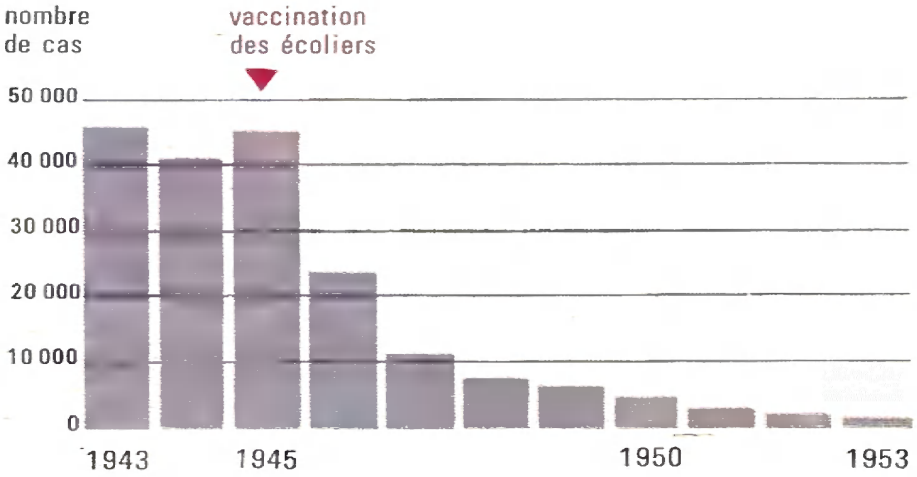
En 1890, un médecin allemand, le Dr Behring, démontrait que dans le sang d'un animal A (cheval ou cobaye) auquel il avait injecté des doses croissantes de toxine diphtérique se trouvait une substance, l'antitoxine diphtérique, qui peut précipiter et, par suite, neutraliser la toxine diphtérique :

toxique diphtérique poison violent	+	antitoxine contrepoison	→	précipité inoffensif

Or, lorsque Behring injectait du sérum provenant de l'animal immunisé A à des animaux B n'ayant subi aucun traitement préalable, les animaux B étaient immunisés à leur tour, puisque l'injection d'une dose mortelle de toxine diphtérique ne les rendait pas malades : il y avait donc eu transfert d'immunité de l'animal A aux animaux B.

Behring montra qu'il était possible d'effectuer le transfert de l'immunité d'un animal à un autre de la même espèce.





	SÉRUM	VACCIN
comment on les obtient	c'est le sérum d'un cheval immunisé contre une espèce de microbes ou une toxine	c'est soit une culture de microbes à virulence atténuée soit une anatoxine
on les emploie	pour guérir un sujet atteint d'une maladie	pour préserver un sujet en bonne santé d'une maladie contagieuse
leur action	apporte une antitoxine, d'où action immédiate (immunité passive), mais de courte durée spécifique	provoque la formation d'anticorps, d'où action lente (immunité acquise), mais de longue durée spécifique

3 rappel de vaccination antidiphtérique

Qui a découvert le vaccin antidiphtérique ? Actuellement, l'Institut Pasteur préconise, du 7e au 9e mois, la vaccination triple : D.T. Polio., avec rappel entre le 18e et le 24e mois, puis à 6 ans; à 11 ans et 16 ans, on ne fait pas de rappel du vaccin antidiphtérique; dites pourquoi.

4 influence de la vaccination antidiphtérique

La découverte de la sérothérapie a permis un immense progrès dans le traitement de la diphtérie; mais elle n'a pas diminué le nombre de cas de diphtérie et, en 1945, il y avait 45 540 cas. En 1953, il n'y en avait plus que 2 514. Comment expliquez-vous cette régression ?

5 comparaison entre sérum et vaccin

Citez deux exemples pour chacun d'eux. Pour la tuberculose, nous verrons que l'on utilise comme vaccin le B.C.G. (page 250). Pour la poliomyélite, il existe deux grands types de vaccins :

- le vaccin à virus atténués (vaccin Sabin) employé seulement par la voie buccale;
- le vaccin à virus inactivés par action du formol (vaccin Salk) utilisé en injection.

le transfert d'immunité à l'homme

En 1894, le Dr Roux, disciple de Pasteur, montra :
— que le transfert d'immunité pouvait se faire d'un cheval immunisé à l'homme par injection à ce dernier de sérum provenant du cheval immunisé ;
— que ce transfert était capable, s'il était fait assez tôt, d'enrayer l'évolution de la diphtérie et d'éviter les complications de cette toxi-infection ; la mortalité fut ainsi abaissée à 8 % des cas.

Roux montra que l'on pouvait transférer l'immunité d'un cheval à l'homme en injectant à l'homme du sérum d'un cheval immunisé. Lorsque ce transfert d'immunité est employé à titre curatif, c'est-à-dire pour guérir un sujet atteint d'une toxi-infection, on lui donne le nom de sérothérapie.

mode d'action du sérum

Le sérum antidiphtérique permet d'apporter à un malade la quantité d'antitoxine diphtérique dont il a besoin pour neutraliser la toxine diphtérique transportée par son sang et sa lymphe. Ce sérum a une action immédiate, mais il n'agit pas sur les lésions nerveuses et rénales déjà produites par la toxine ; c'est pourquoi il faut « agir vite ». L'antitoxine apportée à l'organisme par le sérum est éliminée progressivement par les urines, de sorte que l'action du sérum est de courte durée (15 à 20 jours au plus).

L'antitoxine diphtérique ne peut agir que sur la toxine sécrétée par le bacille de Löffler ; on dit que le sérum antidiphtérique est spécifique.

accidents possibles

La réinjection de sérum antidiphtérique, après un délai de 10 jours, peut provoquer une éruption (urticaire), de la fièvre, des douleurs articulaires ; il faut donc employer, dès le début, une forte dose.

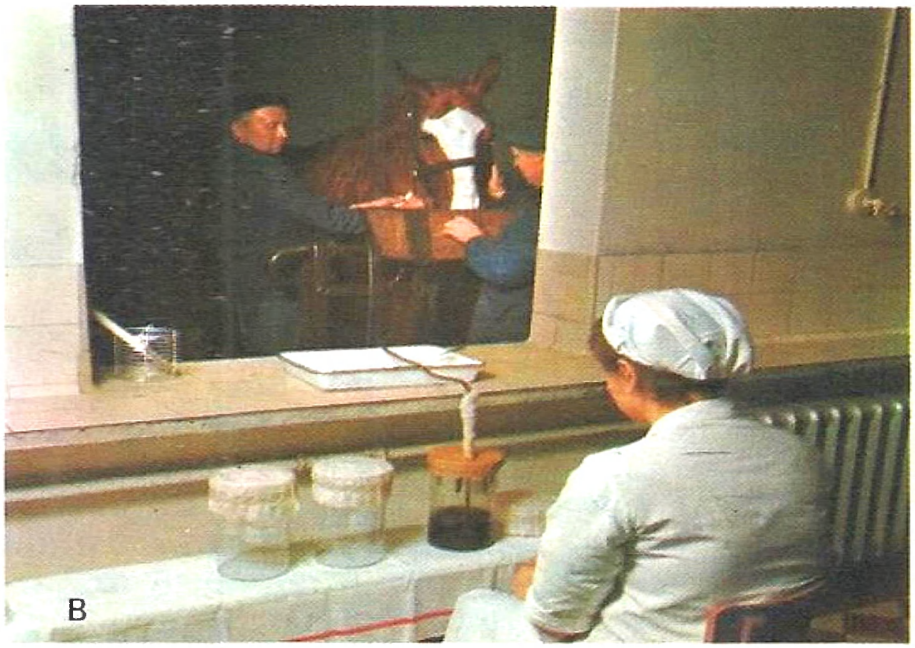
L'action du sérum antidiphtérique est immédiate, car le sérum apporte la quantité d'antitoxine dont le malade a besoin ; mais son action est spécifique et de courte durée.

l'association sérum-vaccin

Pour éviter les accidents dus à une réinjection de sérum, on a recours à la sérovaccination : dès le premier jour, on fait une injection de sérum suivie, en un point différent du corps, d'une injection d'anatoxine diphtérique que l'on répète après 2 et 5 jours. Par ce traitement, on prolonge l'action immédiate du sérum par l'action retardée du vaccin.

le sérum est utilisable préventivement

Lorsqu'un sujet, qui n'a pas subi en temps voulu le rappel de la vaccination antidiphtérique, a été en contact avec un diphtérique, le médecin a recours à une injection préventive de sérum antidiphtérique qui apporte une dose convenable d'antitoxine.



6 comment on obtient le sérum antidiphtérique

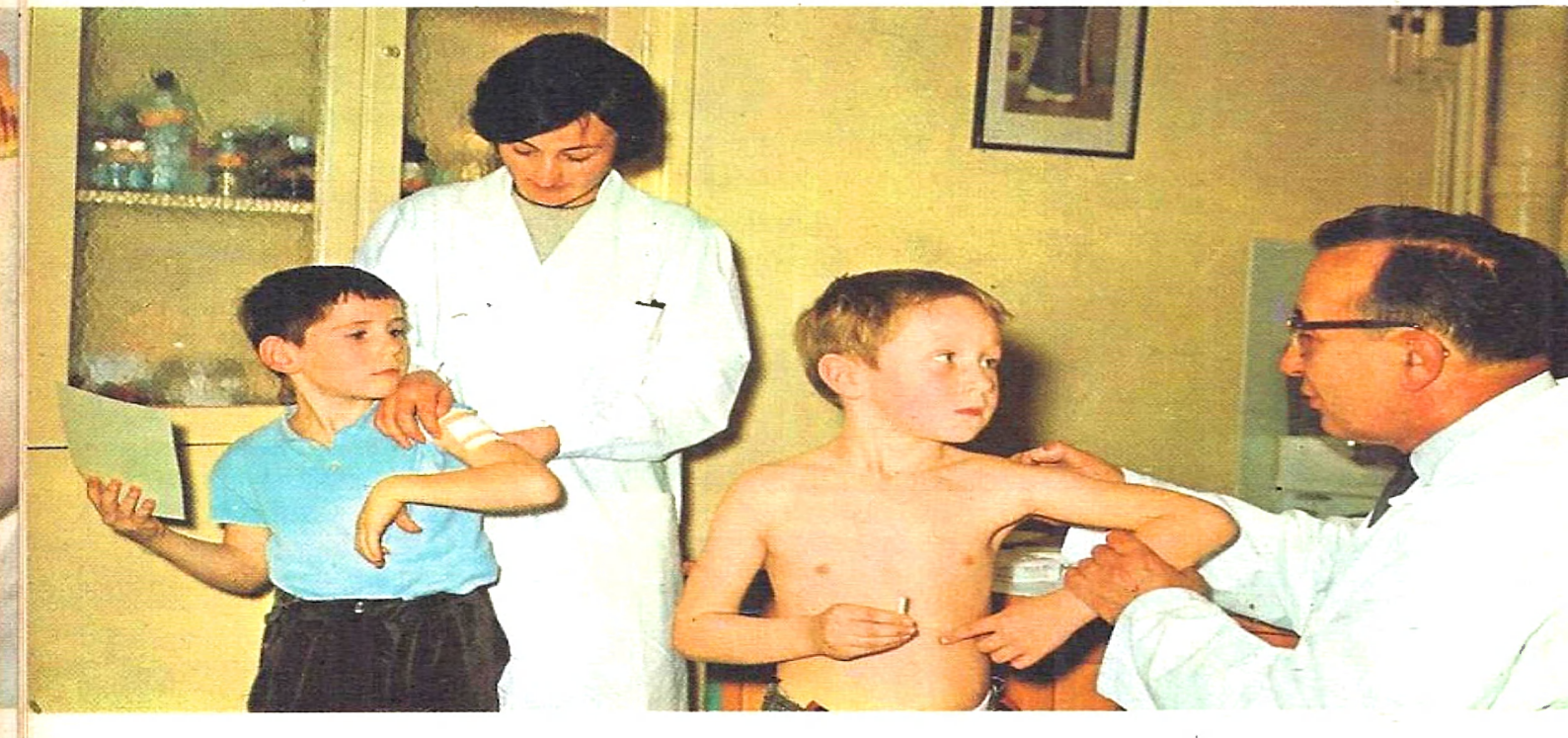
A Immunisation d'un cheval contre la diphtérie : on injecte de l'anatoxine diphtérique sous la peau; 8 jours après, on recommence en augmentant la dose d'anatoxine et ainsi pendant deux mois : le cheval est alors fortement immunisé. Savez-vous pourquoi ?

B Saignée d'un cheval immunisé contre la diphtérie : une canule est introduite dans la veine jugulaire et l'on reçoit le sang dans un bocal protégé contre les poussières. On laisse coaguler le sang; quel est le liquide qui surnage ? Que contient ce liquide ?

C Séparation du sérum : elle s'effectue par siphonnage; le sérum est recueilli dans des récipients stérilisés. Par la suite, il est titré, puis réparti en ampoules que l'on ferme à la flamme ou en ampoules-seringues comme vous l'avez vu pour le sérum antitétanique (page 219, **9**).

L'emballage porte l'indication du nombre d'unités antitoxiques : c'est le titre du sérum.

25 la tuberculose



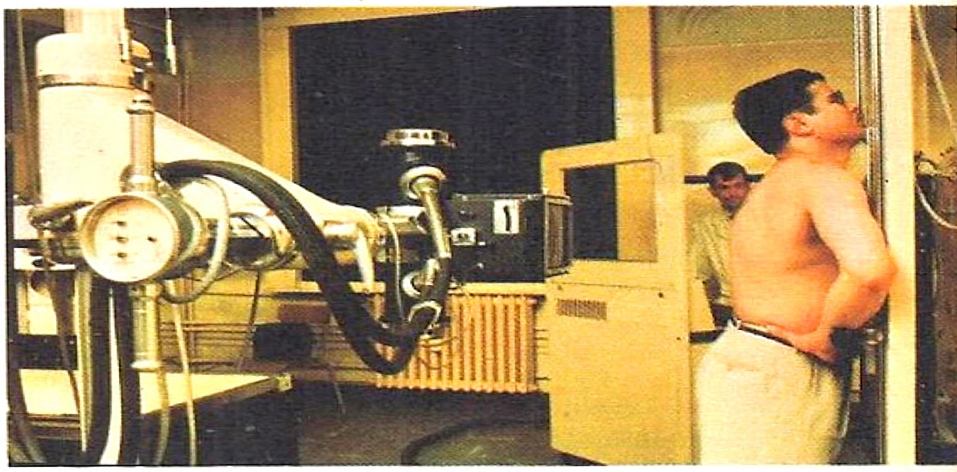
La tuberculose peut affecter de nombreux organes : les poumons, les reins, les os et les articulations (mal de Pott, s'il s'agit des vertèbres ; coxalgie, lorsque la lésion atteint la hanche), les méninges (méningite tuberculeuse), l'intestin (tuberculose intestinale), la peau (tuberculose cutanée)... Mais, sur 100 cas, il y a 84 cas de tuberculose pulmonaire.

Des animaux domestiques (vache, porc, chat, chien...) peuvent contracter la tuberculose.

La tuberculose, qui atteint tant de personnes vivant dans des logements insalubres et surpeuplés, d'où son nom de « mal des taudis », qui frappe tant d'adolescents et de jeunes adultes, qui exige souvent une réadaptation professionnelle, est une maladie sociale ; c'est pourquoi la nation a pris des mesures sociales : amélioration des conditions de travail et de vie des salariés, assurance longue maladie permettant au plus humble de se soigner.

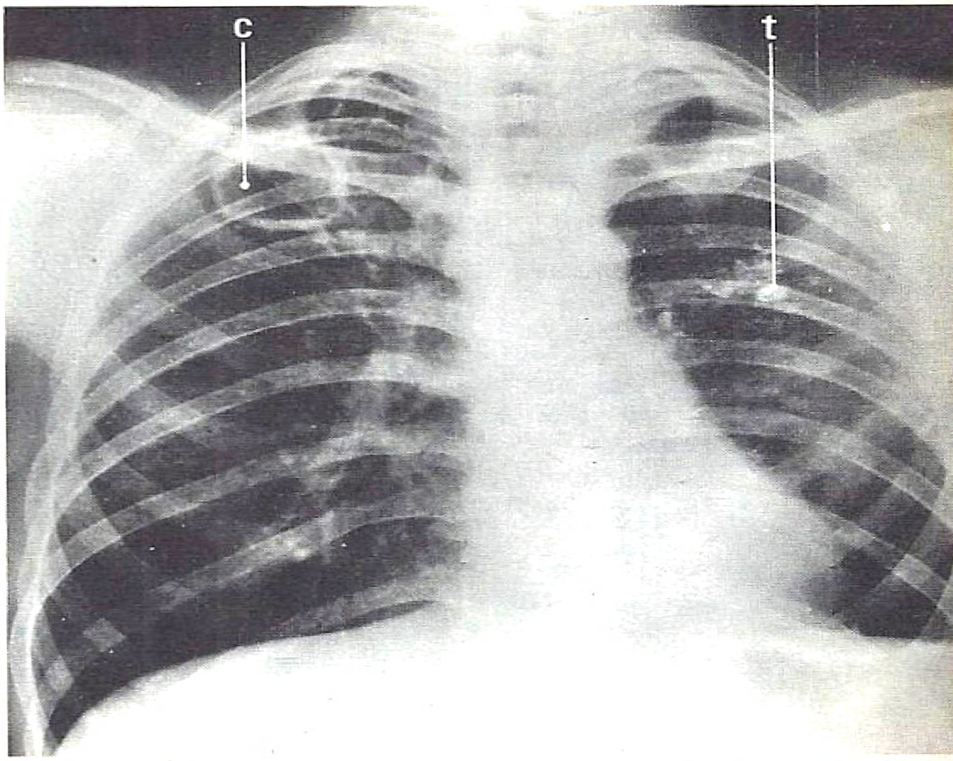
A la protection

Elle est obtenue grâce à la vaccination par le B.C.G. que la loi impose avant l'âge scolaire. Ci-contre, il s'agit d'une revaccination effectuée parce que les réactions tuberculiniques étaient devenues négatives.



B le dépistage de la maladie

Chaque année, dans votre établissement scolaire, vous subissez une radiographie pulmonaire : elle a pour but de découvrir une lésion tuberculeuse que l'on ne soupçonne pas.

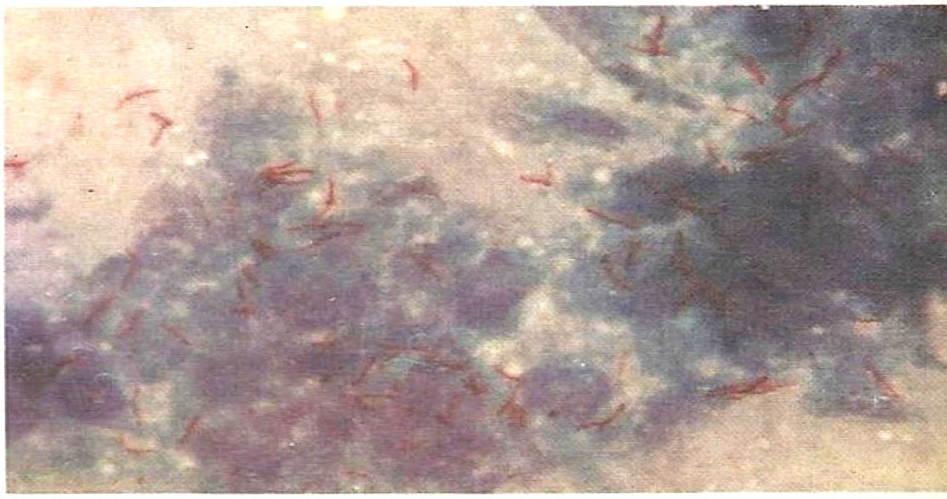


C ce que peut révéler une radiographie

Cette radiographie a été prise sur un sujet tuberculeux qui ne s'est pas laissé soigner ; c'est pourquoi, en plus des tubercules **t**, vous observez une cavité **c** : c'est une caverne.

D bacilles dans un crachat

On étale une parcelle de crachat sur une lame ; on dessèche le frottis, on verse dessus une solution de phénol et de fuchsine et on chauffe doucement ; puis on lave la préparation à l'eau, à l'acide nitrique et à l'alcool ; on la colore au bleu de méthylène. Les bacilles apparaissent en rouge sur fond bleu.



la tuberculose

I Comment se manifeste la forme pulmonaire

les premiers symptômes

Le sujet est fatigué ; il manque d'appétit et il maigrit. La nuit, il sue abondamment ; le matin, il toussotte : ce n'est pas un « rhume mal soigné », car la température atteint 37,8° et parfois 38,3° le soir.

l'évolution de la maladie

Peu à peu, la toux devient plus fréquente et les crachats ressemblent a du fromage blanc (ou caséine) : on dit qu'ils sont formés de pus caséeux. La radiographie des poumons montre alors qu'il existe des cavités pleines de pus caséeux et, parfois, des cavernes en rapport avec les bronches **1**. Bientôt, la fièvre devient intense et le malade maigrit beaucoup : il semble se consumer ; d'où le nom de phtisie (du grec : phtisis, consomption) qu'on donne à cette forme pulmonaire de la tuberculose.

Les premiers signes de la tuberculose sont la fatigue, le manque d'appétit, l'amaigrissement et une fièvre légère; mais, parfois, le tuberculeux ne se sent pas malade et seul l'examen radiologique permet de découvrir la maladie.

II L'agent pathogène et son mode d'action

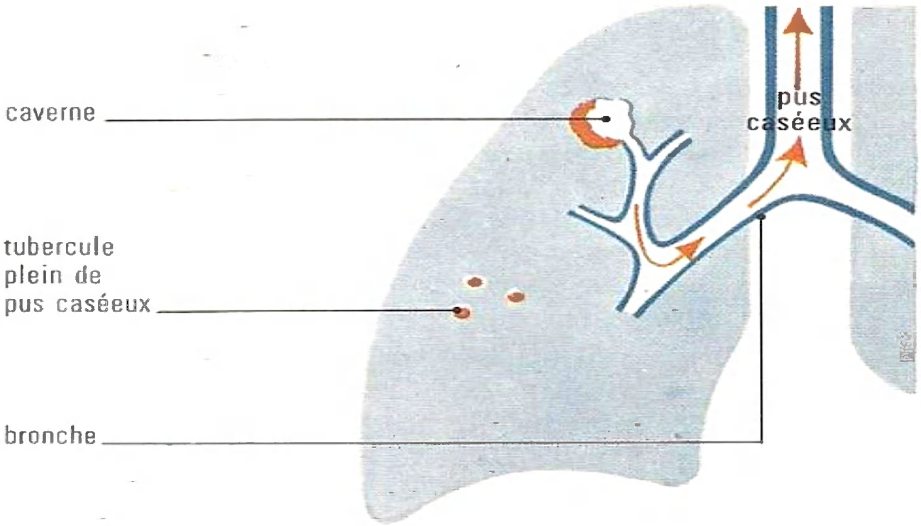
l'agent pathogène

Il a été découvert, en 1882, par un médecin allemand, Koch : d'où le nom de bacille de Koch, ou B.K., qu'on lui donne. Il est enveloppé d'une couche cireuse et il reste vivant pendant des mois à l'obscurité ; au soleil, il est tué en quelques heures.

son action sur les tissus

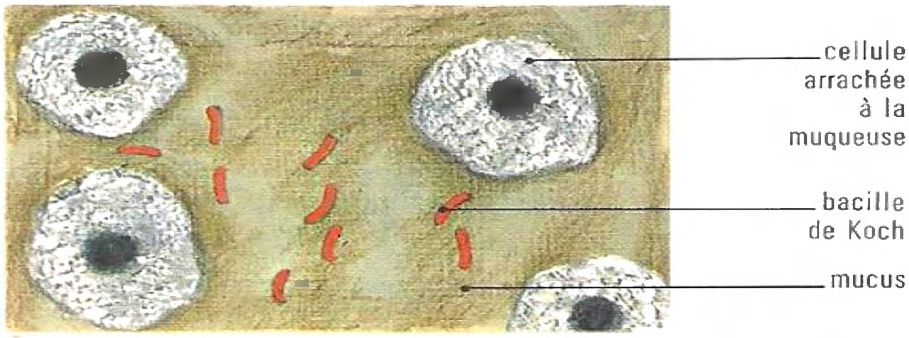
Grâce à sa couche cireuse, le bacille ne peut pas être phagocyté par les cellules de l'organisme ; aussi, lorsque les bacilles ont pénétré dans le poumon, les globules blancs se disposent autour d'eux et se fusionnent en une cellule géante **3** A ; d'autres globules blancs se disposent autour : l'ensemble est un nodule qui grossit et devient un tubercule **3** B. Si l'organisme est en bonne santé, le tubercule est encapsulé **3** C, puis calcifié ; sinon il se caséifie **3** D ; c'est alors que le pus caséeux est rejeté par les crachats : le sujet est atteint de tuberculose ; ses lésions sont des cavernes.

L'agent de la tuberculose est le bacille de Koch ; enveloppé d'une couche cireuse, c'est le plus résistant des microbes.



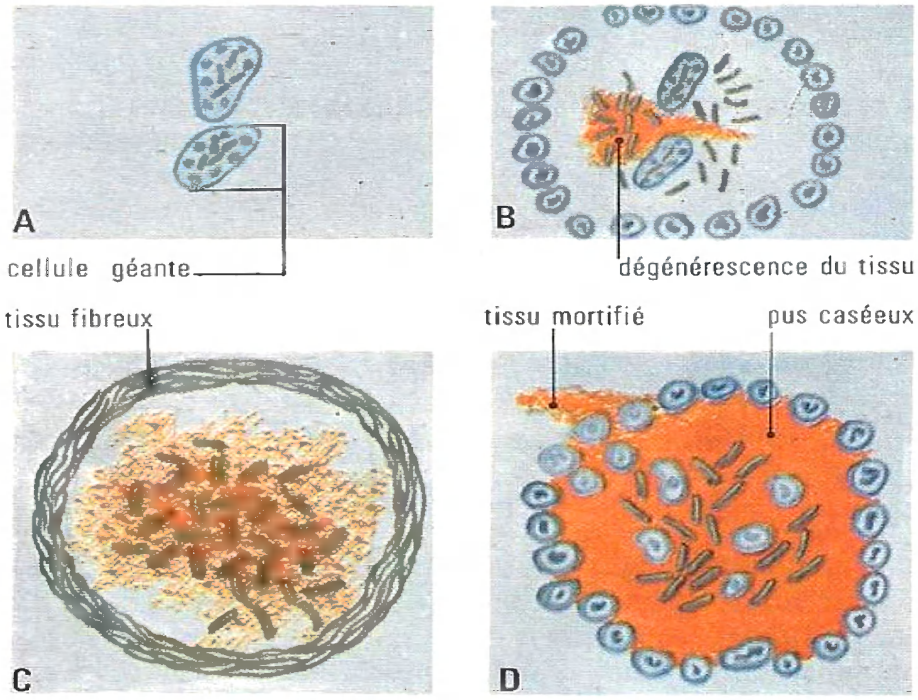
1 la coupe d'un poumon de tuberculeux

Distinguez les petites cavités, appelées tubercules, et l'énorme cavité, ou caverne, qui est en rapport avec une bronche. Qu'existe-t-il dans les crachats ? Pourquoi dit-on que, dans ce cas, il s'agit de tuberculose ouverte ? et que le sujet est devenu contagieux ?



2 des bacilles de Koch dans un crachat

Du fait de la présence d'une couche cireuse autour des bacilles, ils ne peuvent être colorés que par la fuchsine ; ils gardent leur coloration rouge même si on les lave à l'acide nitrique et à l'alcool.



3 la formation d'un tubercule et son évolution

A Par quoi est formée une cellule géante ? Savez-vous pourquoi ?

B Des globules blancs et des cellules de défense des tissus se disposent autour des bacilles : l'ensemble est un tubercule. Que devient le tissu pulmonaire à l'intérieur ?

C Autour du tubercule se forme du tissu fibreux ; il peut, par la suite, se calcifier.

D Le tissu est mortifié à l'extérieur du tubercule et le pus caséeux va se répandre dans une bronche.

III Comment on devient tuberculeux

la contamination tuberculeuse

Elle se produit le plus souvent par inhalation (97 pour 100 des cas à Paris) : le tuberculeux, en toussant, projette de fines gouttelettes contenant quelques bacilles. Ces gouttelettes, dont l'eau s'évapore, deviennent des sphérules qui restent en suspension dans l'air. Une sphérule est si petite que, inhalée, elle pénètre jusque dans un alvéole pulmonaire. Là, les bacilles forment un nodule primitif.

La contamination peut aussi se faire par ingestion : en utilisant des objets de table souillés par un malade ou en buvant du lait non bouilli qui provient d'une vache atteinte de tuberculose de la mamelle.

La pénétration, pour la première fois, de bacilles tuberculeux dans l'organisme est ce qu'on appelle la primo-infection.

de la contamination à la maladie

Dans de nombreux cas, la contamination passe inaperçue : c'est ce qui se produit lorsque des bacilles peu nombreux et peu virulents pénètrent dans l'organisme d'un enfant en bonne santé ; la lésion tend à se calcifier au bout de 4 à 5 ans. Pour que la tuberculose-maladie se déclare, il faut que les réactions du sujet soient amoindries ou qu'il subisse une réinfection au contact d'un tuberculeux.

Pour que l'infection tuberculeuse se transforme en tuberculose-maladie, il faut que la résistance de l'organisme soit affaiblie par de mauvaises conditions de vie (surmenage, sous-alimentation, soucis), l'alcoolisme ou une maladie.

IV Lutte préventive contre la tuberculose

le dépistage de la primo-infection

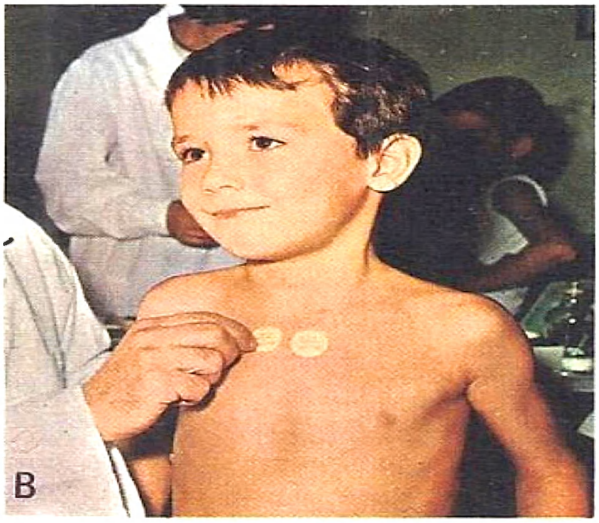
Il se fait grâce aux tests tuberculiniques **4**. La tuberculine est une toxine extraite de cultures du bacille de Koch, puis stérilisée à 120° ; c'est un liquide inoffensif qui ne contient pas de bacilles ; mais tout organisme qui abrite des bacilles de Koch réagit à la tuberculine ; c'est pourquoi on peut dépister la primo-infection tuberculeuse en introduisant une petite quantité de tuberculine :
— dans la peau soit à l'aide d'une scarification (cuti-réaction **4** A), soit en appliquant un timbre **4**B,
— dans le derme : c'est l'intradermo-réaction **4** C.

- **Un test tuberculinique négatif montre que le sujet n'a pas été infecté par le bacille de Koch.**
- **Un test positif prouve que des bacilles de Koch se trouvent dans l'organisme : la primo-infection s'est produite.**

A

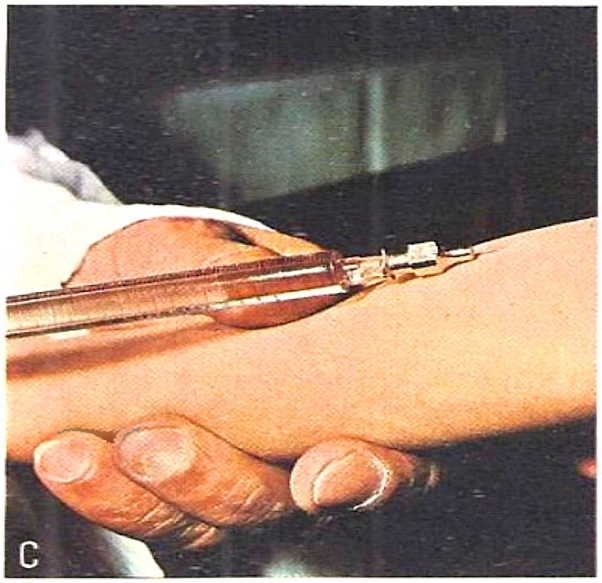
cuti négative

cuti positive

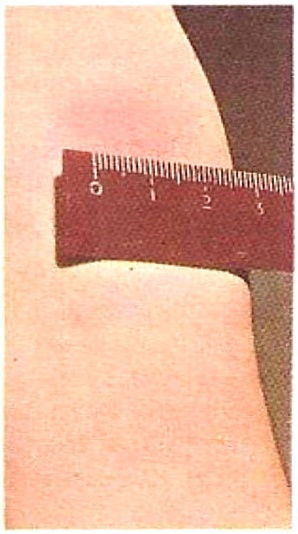


B

réaction positive



C



intradermo positive

4 les tests tuberculiniques

A Cuti-réaction : on nettoie le haut du bras à l'éther puis, à l'aide d'un vaccinostyle, on fait deux scarifications ; sur l'incision inférieure on dépose une goutte de tuberculine; après 2 ou 3 jours:

- si la cicatrice inférieure est semblable à l'autre, ont dit que « la cuti est négative » ;
- si cette cicatrice est entourée d'une rougeur, on dit que « la cuti est positive ».

B Timbre tuberculinique : c'est une rondelle de sparadrap imprégnée de tuberculine; on l'applique sur la peau et on l'enlève au bout de 48 h ; on ne doit pas laver l'endroit. Deux jours après, si la peau est rougeâtre avec de petites élevures de la peau, on dit que la réaction est positive. Il faut se méfier de la réaction au sparadrap ; c'est pourquoi le 2e rond n'est pas imprégné de tuberculine.

C Intradermo-réaction : à l'aide d'une fine aiguille, on injecte dans le derme un dixième de centimètre cube de tuberculine. Au bout de 4 jours, si la réaction est positive, il se forme une surélévation de la peau rouge vif entourée d'une auréole rose.

La réaction est mesurée en millimètres; ci-contre, combien lit-on ?

Qu'est-ce que la tuberculine ? Pourquoi est-elle sans danger pour notre organisme ?

le dépistage précoce de la maladie

Dans les établissements scolaires, tout élève dont le test tuberculinique est positif subit un examen radiologique annuel. Tout virage de réaction tuberculinique entraîne un examen plus poussé pratiqué dans un dispensaire puis, s'il y a lieu, dans un centre départemental de phtisiologie **7**.
Dans les ateliers et les bureaux, les salariés subissent aussi des examens grâce à des camions radiologiques qui viennent sur le lieu de travail.

Les examens radiologiques systématiques permettent de détecter la tuberculose-maladie au moment où il sera facile de la guérir et avant que le malade soit devenu contagieux.

les mesures évitant la contagion

Pour diminuer les risques de contagion, il faut :
— effectuer le dépistage précoce des tuberculeux et les traiter de façon à supprimer la contagion ;
— éloigner les enfants d'un foyer tuberculeux : l'enfant à cuti négative est placé dans un aérium **7** ;
— appliquer rigoureusement des mesures d'hygiène individuelle pour le malade et pour son entourage.

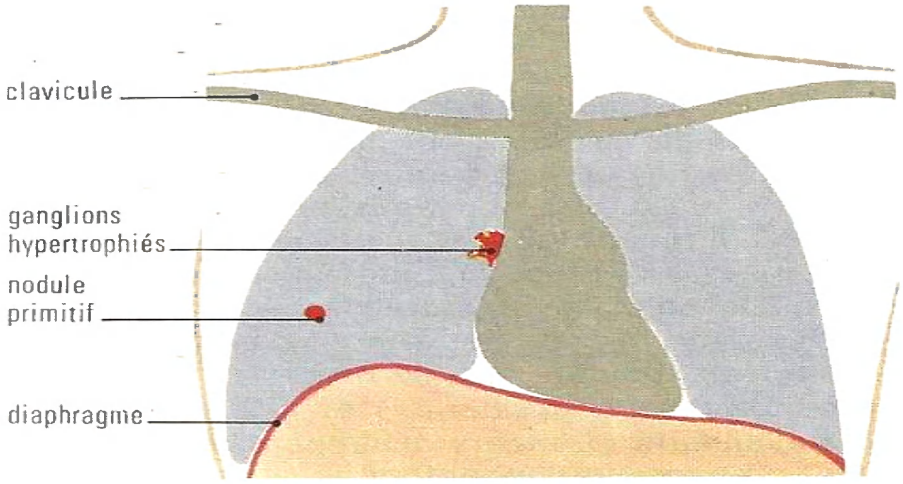
la protection par le B.C.G.

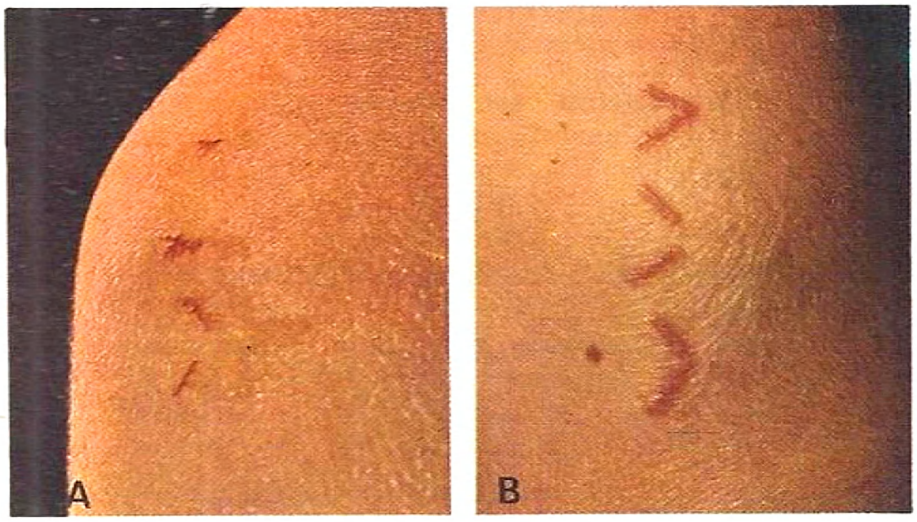
Ce qu'est le B.C.G. : le B.C.G. est un vaccin microbien ; il a été obtenu, par les docteurs Calmette et Guérin, en cultivant pendant 13 ans des bacilles tuberculeux d'origine bovine sur de la pomme de terre imprégnée de bile de bœuf. Après plus de 250 repiquages, les bacilles étaient devenus incapables de provoquer la tuberculose chez le cobaye. Cette souche de bacilles, à virulence atténuée, a été appelée B.C.G. (Bacilles Calmette-Guérin).

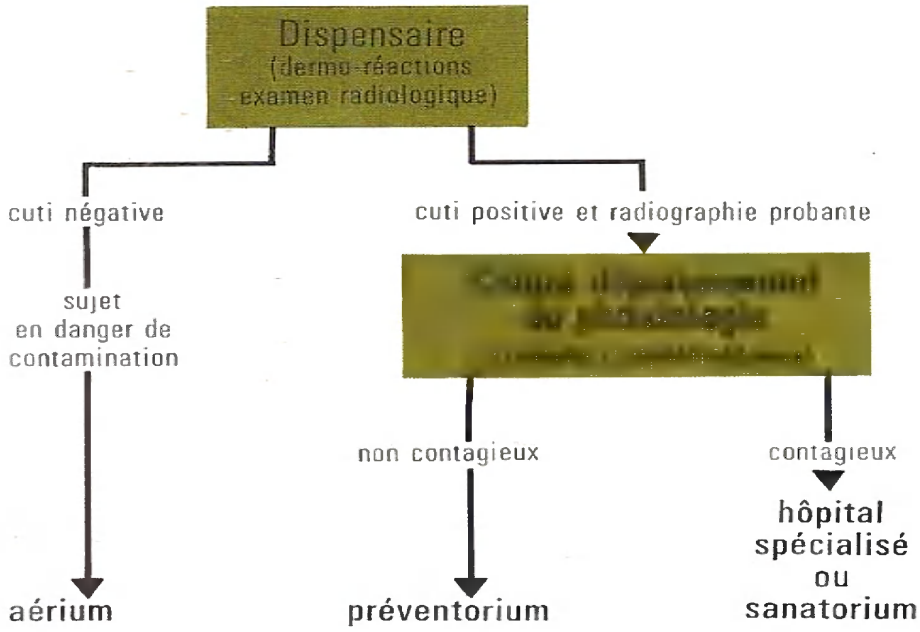
Son efficacité. De nombreux essais ont été faits sur des animaux de laboratoire, puis sur des veaux : en les vaccinant à la naissance et en les revaccinant tous les ans, on les a protégés contre la tuberculose même lorsqu'ils vivaient avec des animaux contagieux. Devant de tels résultats, le B.C.G. fut employé, en 1921, pour vacciner des enfants. Depuis 1948, plus de 300 millions de vaccinations ont été faites dans 60 pays ; elles ont prouvé que :

Le B.C.G., souche de bacilles à virulence atténuée, est absolument sans danger ; il immunise 85 % des vaccinés et évite les formes graves (méningite, tuberculose généralisée).

Sa pratique : chez les enfants et les adolescents, on ne procède à la vaccination par le B.C.G. **6** que si le sujet a un test tuberculinique négatif. Trois mois après la vaccination, on fait un nouveau test : si le virage est obtenu, le but est atteint ; sinon on recommence la vaccination. Il en est de même à chaque fois que le test tuberculinique redevient négatif.







5 ce qu'on voit à la suite d'une primo-infection

La radiographie pulmonaire montre un nodule primitif et des ganglions hypertrophiés.

Deux conséquences de la primo-infection :

- la réponse aux tests tuberculiniques devient positive ;
- le sujet offre désormais une résistance accrue au B.K.

6 la vaccination par le B.C.G.

A Elle s'effectue par scarification : après avoir déposé de 2 à 4 gouttes de B.C.G. sur la peau du bras, on fait une ou deux incisions au travers de chaque goutte, puis on tend la peau ; pourquoi ?

B Au bout de 2 à 3 semaines, au niveau des scarifications, il se forme de petits bourrelets rouges : c'est une réaction locale.

7 le rôle fondamental du dispensaire

C'est un établissement de dépistage dont la tâche est facilitée par les médecins des écoles, des usines... et par les assistantes sociales qui recherchent les sujets tuberculeux à domicile et veillent à l'application de mesures d'hygiène dans la famille afin d'éviter la contagion.

En France, il existe 972 dispensaires.

les résultats obtenus

Grâce à la lutte antituberculeuse menée depuis cinquante ans, la mortalité par tuberculose décroît : 85 000 décès en 1910, 42 000 en 1945, 7 550 en 1964 soit 15,7 décès pour 100 000 habitants. Pourtant, ce taux de mortalité est beaucoup plus faible dans d'autres pays **8** A. En outre, chaque année, en France, il y a 80 000 nouveaux tuberculeux ; c'est donc que la lutte antituberculeuse y est insuffisante :
— il existe encore trop de bidonvilles et de logements où le soleil ne pénètre pas ;
— le dépistage n'est pas effectué pour les personnes âgées (d'où un taux de mortalité élevé **8** B), pour les femmes non salariées et à la campagne ;
— les travailleurs étrangers échappent au contrôle ;
— il n'y a encore qu'un enfant vacciné sur deux ; or, comme pour la variole et la diphtérie, le seul moyen efficace pour amener la disparition de la tuberculose est la généralisation de la vaccination.

La lutte antituberculeuse doit être poursuivie sans trêve et la vaccination par le B.C.G. doit se généraliser.

V Comment on guérit la tuberculose

le traitement de la tuberculose

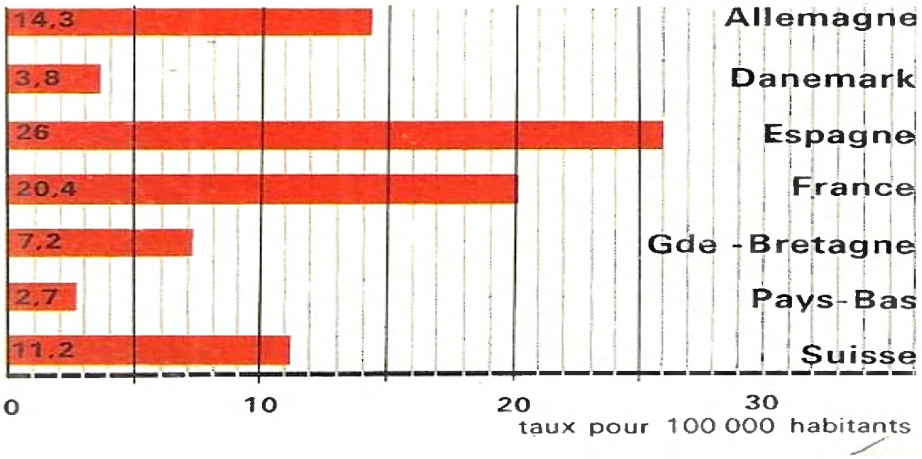
On utilise généralement 3 médicaments associés : la streptomycine (antibiotique), le P.A.S. et l'isoniazide (substances préparées par synthèse) ; ces médicaments empêchent la pullulation des bacilles.

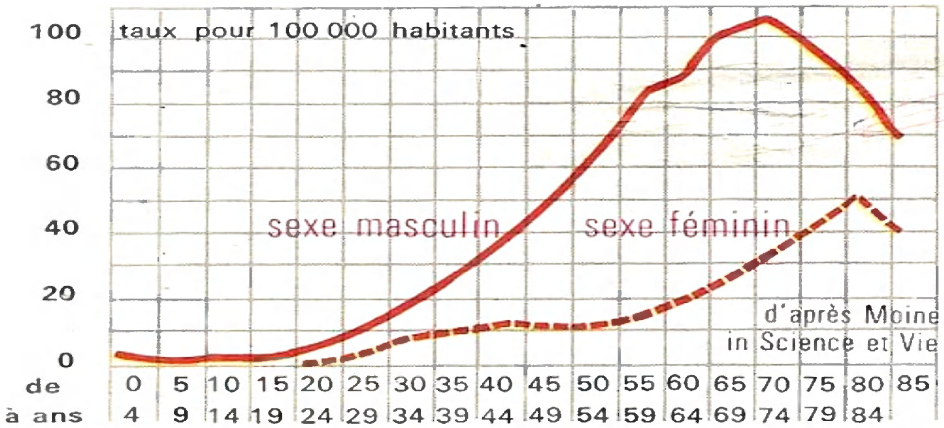
Le repos complet est obligatoire au début du traitement (souvent 4 mois), car il favorise l'action des médicaments. Par la suite, la réadaptation à l'effort est possible ; mais elle doit être surveillée.

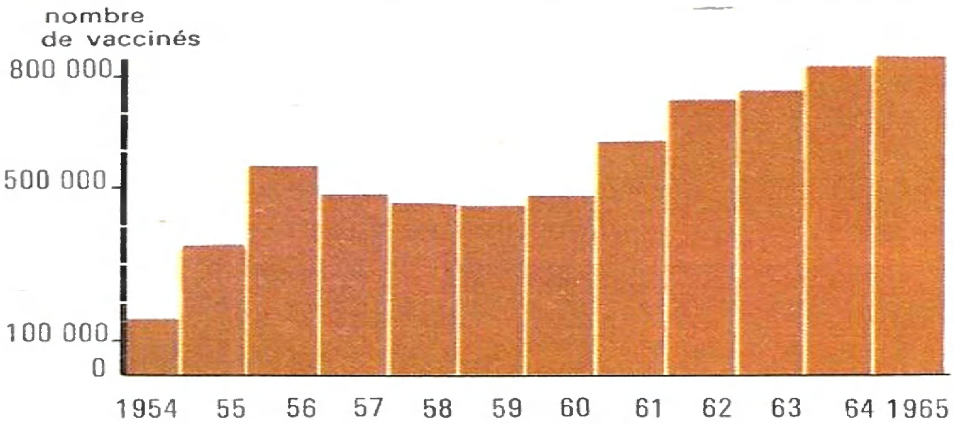
Le traitement peut se faire à domicile, mais peu de malades sont capables de se soigner correctement et pendant un temps suffisant (le plus souvent 18 mois) ; c'est pourquoi il est préférable que le traitement ait lieu dans un hôpital spécialisé ou dans un sanatorium **10**. De plus, cela évite les risques de contagion pour la famille du malade.

Quand le traitement est mal suivi, ou trop court, les bacilles deviennent résistants aux médicaments :
— la maladie devient alors chronique et le tuberculeux reste contagieux pendant toute sa vie ;
— les bacilles qu'il émet provoquent des tuberculoses à bacilles résistants, difficiles à soigner.

Pour être efficace, le traitement de la tuberculose doit être bien suivi, suffisamment prolongé, et à doses convenables ; le pourcentage des guérisons dépasse alors 90 pour 100.







	aériums	préventoriums	hôpitaux spécialisés	sanatoriums de cure	sanatoriums de post-cure
nombre d'Établissements	158	109		205	55
nombre de lits	12 960	13 440	20 000	34 820	3 650

8 taux de mortalité par tuberculose

Taux calculé pour 100 000 habitants.

A En 1962, dans divers pays d'Europe : quel est celui où le taux est le plus élevé? Quels sont ceux où le taux est le plus bas? Qu'en concluez-vous pour la lutte antituberculeuse en France?

B En France, suivant l'âge et le sexe : remarquez que la mortalité est beaucoup plus grande chez l'homme que chez la femme.

La tuberculose des vieillards, souvent méconnue, est dangereuse pour l'entourage.

9 progression de la vaccination par le B.C.G. en France

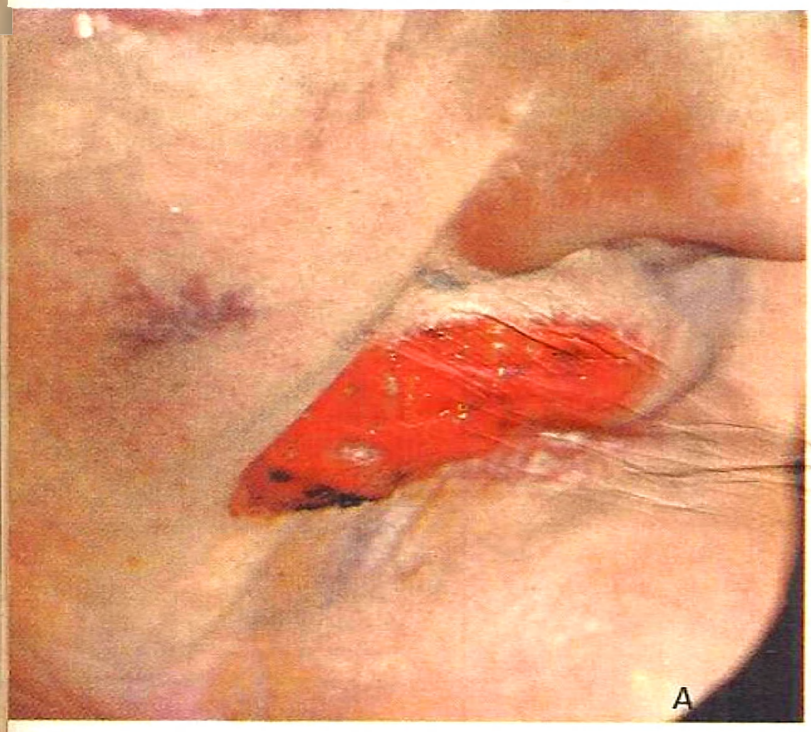
En 1954, on a vacciné à peine 150 000 sujets alors que, en 1965, on en a vacciné 835 000.

Souvenez-vous qu'il faut revacciner lorsque la réaction tuberculinique est négative.

10 équipement antituberculeux

C'est l'ensemble des établissements de dépistage (citez-les), de prévention (aériums, préventoriums), de cure (hôpitaux spécialisés et sanatoriums), et de postcure.

un fléau social : le cancer



Par an, en France, 100 000 personnes meurent du cancer; ce sont non seulement des personnes âgées mais aussi des adultes et des enfants. Par sa mortalité élevée, par les charges considérables que représentent son diagnostic, son traitement et la longue période de réadaptation qu'impose une si grave maladie, le cancer est un fléau social.

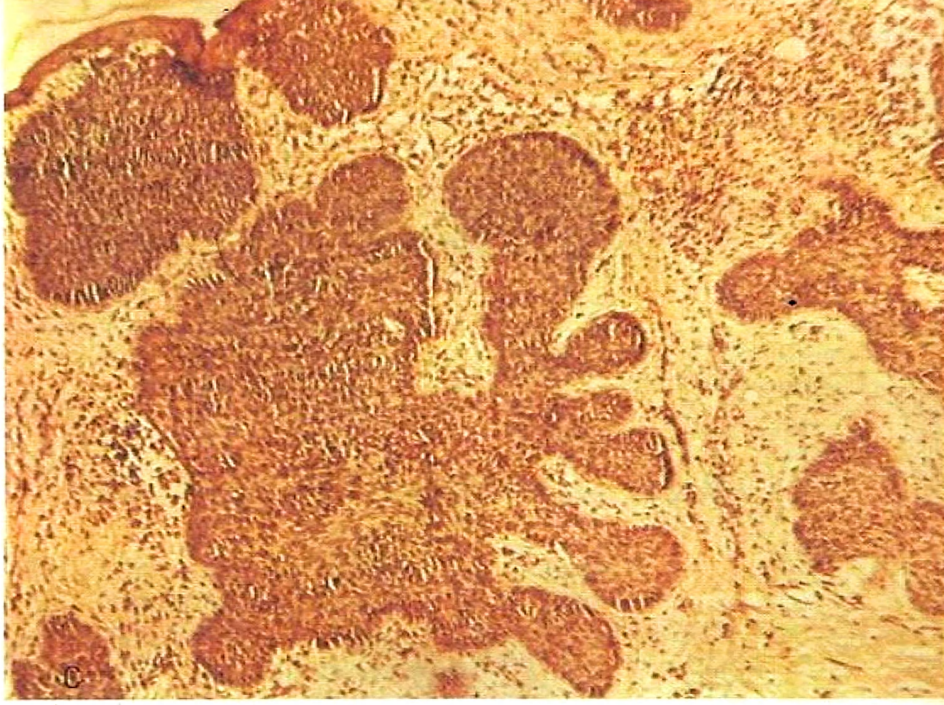
Un cancer est une tumeur, c'est-à-dire une masse de tissu qui se forme en un point du corps et qui a tendance à s'accroître. Mais toutes les tumeurs ne sont pas cancéreuses : une verrue et un lipome (masse de graisse qui fait saillir la peau) sont des tumeurs bénignes : elles restent localisées là où elles sont apparues et n'empêchent pas de vivre. Les cancers sont des tumeurs malignes qui envahissent d'autres tissus et qui, en l'absence de traitement, sont toujours mortelles.

A C cancers de la peau

A Cancer de la peau avant traitement. Au début, ce n'était qu'un bouton qui s'ulcérait et saignait un peu. Mais il existe aussi des cancers de la peau qui forment de volumineuses excroissances.

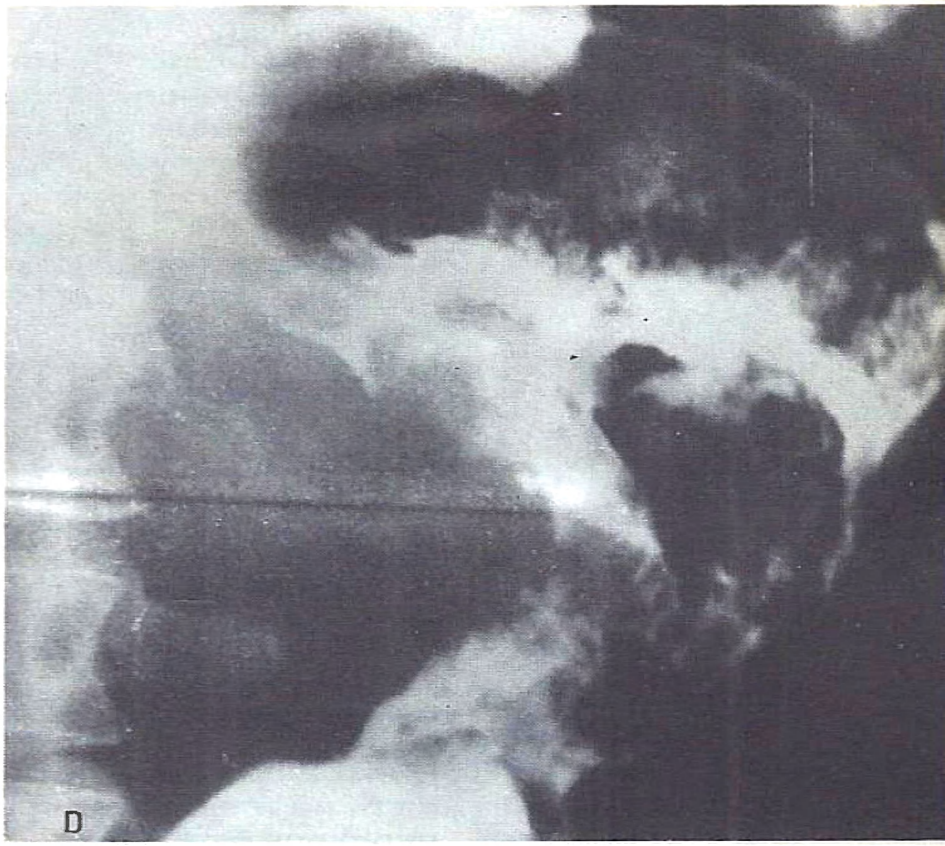
B Après traitement par les rayons X.

C Coupe de la peau au niveau d'un cancer : remarquez les masses qui envahissent le derme; aux dépens de quoi se sont-elles formées ? En surface, la peau n'est pas ulcérée; on dit que c'est une tumeur infiltrante.



D cancer de l'estomac

Des troubles digestifs persistants ont amené le sujet à consulter un médecin. La radiographie a permis de dépister une tumeur de l'estomac. Lorsque le diagnostic est fait assez tôt, il faut intervenir chirurgicalement.



E sang d'un leucémique

Le premier signe de la leucémie est une fatigue persistante. L'examen d'un frottis sanguin montre souvent une proportion anormale de globules blancs et surtout des cellules qu'on ne rencontre que dans les tissus où se forment ces globules : moelle des os, rate...

Leçon

un fléau social : le cancer

Les différents cancers et leur évolution

les différents types de cancers

Selon le tissu qui se cancérise, on distingue :
1 Les épithéliomas qui se forment aux dépens :
— de l'épithélium de la peau **1** B ou de celui d'une muqueuse (lèvre, langue, œsophage...);
— de l'épithélium tapissant le tube digestif (estomac, intestin) ou les bronches (c'est ce qu'on appelle communément le cancer du poumon);
— de l'épithélium d'une glande (sein, prostate...);
2 Les sarcomes qui se forment dans les muscles, les tissus conjonctifs, les os **2**, les cartilages;
3 Les tumeurs nerveuses qui apparaissent dans un tissu nerveux : cerveau, moelle épinière, nerf;
4 Les leucémies que l'on appelle souvent cancers du sang, car ils modifient sa composition. En fait, ce sont des cancers des tissus qui forment les globules blancs : moelle des os, rate et ganglions.

Tous les organes peuvent se cancériser; selon le tissu aux dépens duquel se forme le cancer, on distingue les épithéliomas, les sarcomes, les tumeurs nerveuses et les leucémies.

ce qui caractérise un cancer

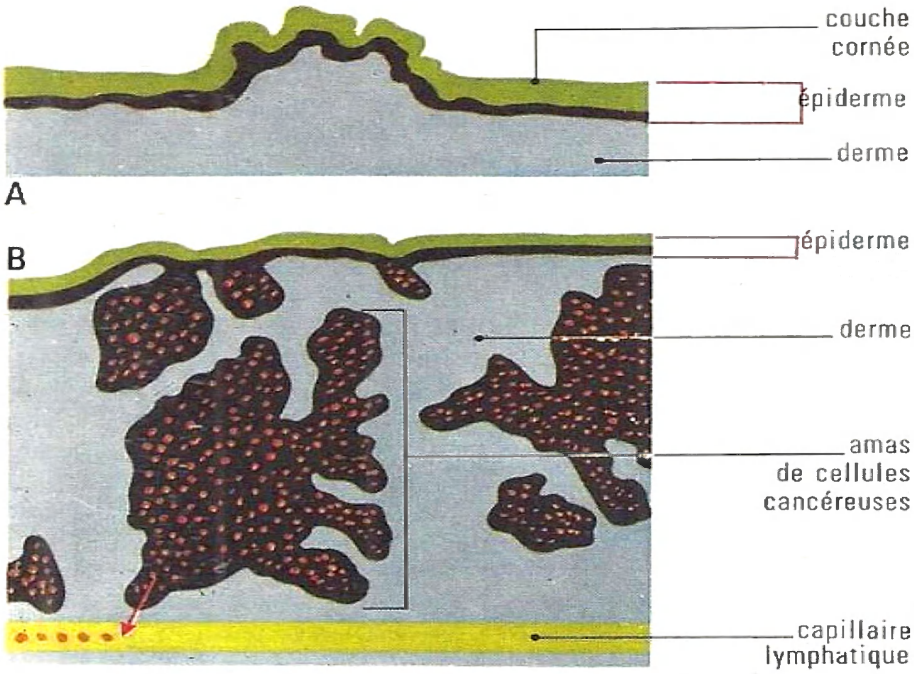
L'examen au microscope des cellules d'un cancer de la peau **1** B montre que la tumeur est constituée de cellules anormales, toutes semblables; ainsi :

Un cancer est une tumeur qui résulte de la prolifération anormale, désordonnée des cellules d'un tissu.

l'évolution d'un cancer

Dans le cas d'un cancer de l'estomac, si le chirurgien ne peut pas intervenir assez tôt, certains ganglions lymphatiques de l'abdomen et du thorax augmentent de volume, car des cellules cancéreuses se sont détachées de la tumeur et les ont envahis. Par la suite, d'autres cellules cancéreuses, transportées par la lymphe puis par le sang, atteignent le foie, les poumons... **3** et, en s'y multipliant activement, créent des colonies de cellules identiques à celles qui existent dans la tumeur initiale. Ces colonies sont des tumeurs secondaires appelées métastases. Le sujet est très maigre et il ne tarde pas à mourir : il était atteint d'un cancer généralisé.

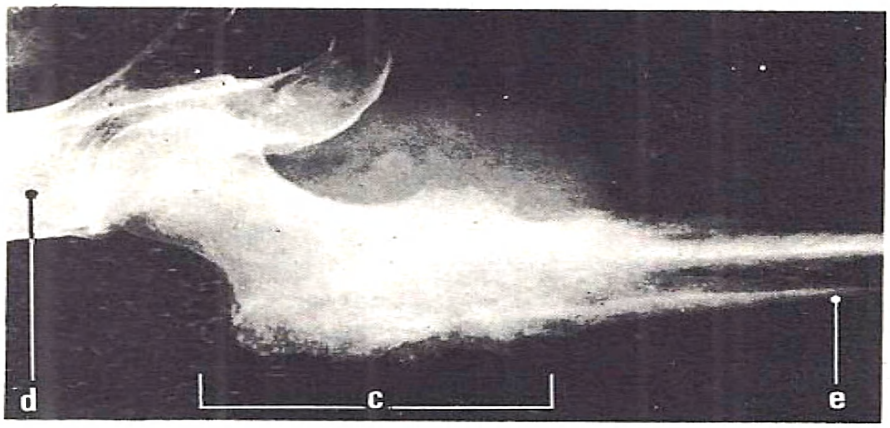
L'évolution d'un cancer de l'estomac comporte trois étapes :
- la formation d'une tumeur initiale;
- l'invasion des tissus voisins (ganglions lymphatiques);
- l'envahissement d'autres organes par des métastases.



1 deux sortes de tumeurs

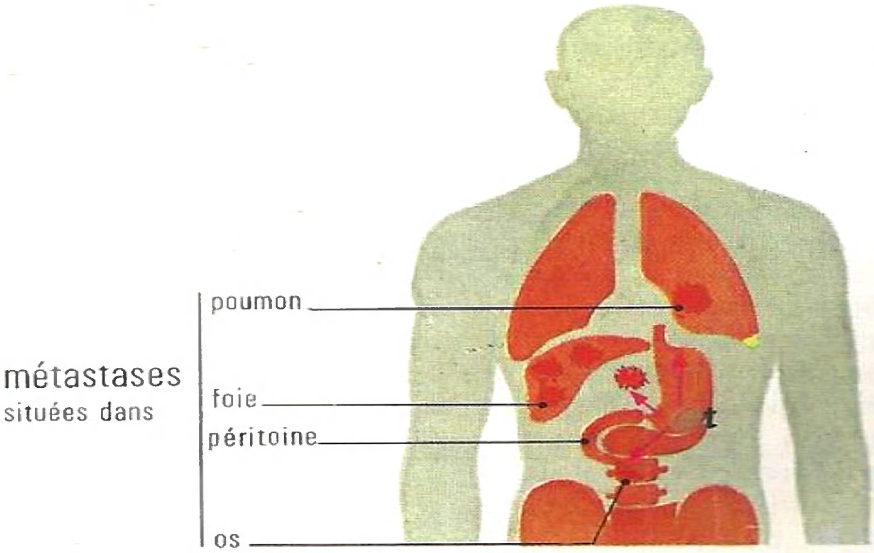
A Coupe d'une verrue : la verrue fait saillie par suite du bourgeonnement du derme et de la couche vivante de l'épiderme; mais la limite entre le tissu épithélial et le tissu conjonctif est nette : une verrue est donc une tumeur bénigne.

B Coupe d'un épithélioma : des masses, formées de cellules rappelant celles de l'épiderme, s'enfoncent dans le derme et des cellules s'infiltrent dans les capillaires lymphatiques.



2 un cancer osseux

C'est une tumeur développée aux dépens de l'os spongieux. Cette tumeur provoque la formation de tumeurs secondaires, ou métastases, dans le poumon Ci-contre, quel est l'os qui est atteint ?



3 métastases pour un cancer de l'estomac

Des métastases peuvent se former dans les ganglions lymphatiques voisins de l'estomac, dans le foie (90 % des cas), et dans le péritoine (c'est la fine membrane qui entoure les viscères abdominaux). Plus rarement, des métastases se forment dans les os et dans le poumon.

II Les causes du cancer

les agents cancérigènes

L'action des radiations : les rayons solaires, par leurs rayons ultraviolets, peuvent causer des cancers de la peau chez les personnes (maraîchers, marins) qui restent longtemps exposées au soleil. Les rayons X et les radiations émises par les corps radioactifs (radium, uranium...) peuvent aussi provoquer des cancers; c'est ainsi que des radiologues sont morts du cancer des radiologistes et que, dans une population irradiée à la suite d'une explosion nucléaire, les leucémies sont fréquentes.

Certaines substances sont cancérigènes; citons :
— le benzopyrène qui existe dans les produits des combustions (houille, mazout) et la fumée de tabac;
— certains détersifs, des insecticides, des colorants dérivés de l'aniline (jaune de beurre), l'alcool;
— une substance produite par une moisissure, qui se développe sur le riz, cause le cancer du foie.

On tend à empêcher l'apparition des cancers :
— des règlements codifient les conditions de travail dans certaines industries (goudrons, fabrication de cadrans lumineux...), évitent la pollution de l'atmosphère par les combustions, interdisent l'emploi de certains colorants (jaune de beurre, par exemple) dans les industries alimentaires;
— en mettant en garde le public contre le danger de l'abus du tabac, de l'alcool (page 172), et du mauvais entretien des dents, car une dent cassée peut causer un cancer de la langue.

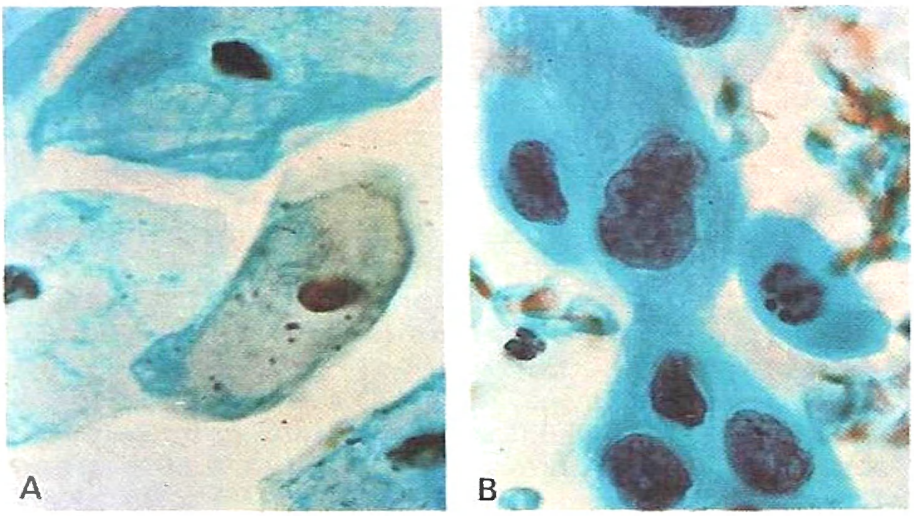
Des radiations et certaines substances peuvent provoquer la formation d'un cancer : ce sont des agents cancérigènes.

les virus cancérigènes

L'un d'eux, inoculé à une poule, provoque un sarcome; un autre, injecté à une souris, cause un cancer de la mamelle; d'autres provoquent des leucémies chez les animaux. Chez l'homme, on n'a vu des virus cancérigènes que chez les leucémiques.

le mécanisme de la cancérisation

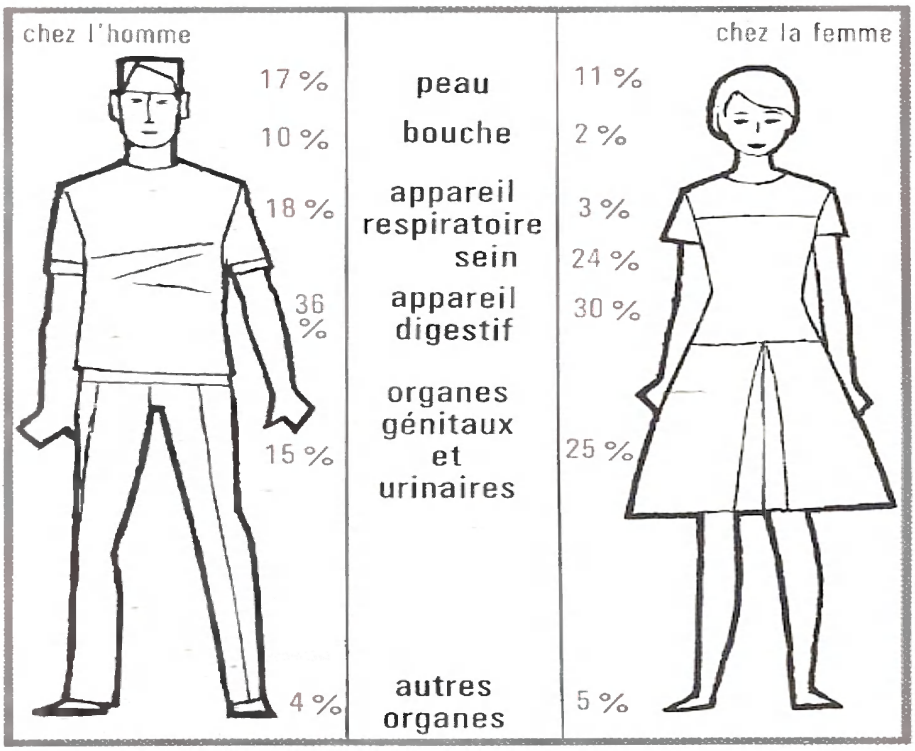
Ce mécanisme est encore obscur; il semble que :
— les agents cancérigènes, à la longue, altèrent certaines cellules : celles-ci « n'obéissent plus aux systèmes régulateurs qui régissent leur multiplication »; d'où une prolifération déréglée;
— pour certains savants, les agents cancérigènes ne feraient que « réveiller » les virus qui se trouvent dans une cellule; ces virus déclencheraient alors la prolifération cellulaire;
— les cellules cancéreuses tendent à s'agglutiner, à former des amas : tumeur initiale et métastases.



4 cellules normales et cellules cancéreuses

A Dans un tissu donné (ci-contre, un épithélium), toutes les cellules sont semblables. Comparez avec la microphotographie p. 6.

B Dans le même tissu, les cellules cancéreuses sont reconnaissables à leur noyau énorme par rapport au volume du cytoplasme.



5 la fréquence des cancers selon le sexe

Tous les organes peuvent se cancériser, mais avec une fréquence différente et qui dépend du sexe. Quels sont les cancers les plus fréquents chez l'homme ? et chez la femme ?

Sur 100 personnes atteintes du cancer du poumon, 80 sont de grands fumeurs.

LOCALISATION		SIGNES D'ALARME
peau		un bobo qui ne guérit pas, en n'importe quel point du corps
bouche		une ulcération persistante de la langue ou des lèvres
pharynx		un mal de gorge ou un enrouement qui traîne
tube digestif		des troubles digestifs permanents, surtout avec amaigrissement l'apparition, après 40 ans, d'une paresse intestinale
chez la femme	**sein,**	une grosseur non douloureuse dans le sein
	organes génitaux	un écoulement de sang, ou autre, qui dure

6 les principaux signes d'alarme du cancer

La Ligue Française contre le Cancer vous demande de bien connaître les signes d'alarme du cancer et de les faire apprendre autour de vous afin de permettre un diagnostic précoce du cancer.

III La lutte contre le cancer

le dépistage précoce

Le cancer est une affection qui, à ses débuts, n'est pas douloureuse; elle tend donc à rester ignorée du sujet; or, le cancer n'est guérissable que s'il est traité assez tôt; d'où la nécessité :

1 De connaître les « signes d'alarme » du cancer **6**;

2 De subir des examens périodiques en vue de dépister un cancer en voie de formation; on effectue :

— des examens radiologiques (estomac, poumons);

— l'examen microscopique des sécrétions de certains organes (estomac, bronches, utérus...) afin de rechercher la présence de cellules cancéreuses;

— la recherche de points plus chauds sur la peau à l'aide d'un appareil à infrarouge (c'est la thermographie) pour dépister un cancer du sein.

S'il y a un tissu suspect, on en prélève une parcelle (c'est une biopsie) pour l'observer au microscope.

Le cancer n'est guérissable que s'il est traité assez tôt; c'est pourquoi il faut :

- **connaître les principaux « signes d'alarme » du cancer;**
- **subir périodiquement certains examens médicaux.**

Le traitement des cancers

La chirurgie : l'ablation de la tumeur ou de l'organe atteint (sein, estomac...) doit se faire largement, pour éviter toute récidive. On estime qu'un cancer est guéri lorsqu'il n'a pas récidivé, ou ne s'est pas généralisé, dans un délai de cinq ans.

L'électrocoagulation est la destruction d'un cancer par des courants électriques à haute fréquence.

La radiothérapie est le traitement par des radiations qui, bien dosées, sont pratiquement sans action sur les cellules saines alors qu'elles arrêtent la prolifération des cellules cancéreuses et, à la longue, les tuent. On emploie :

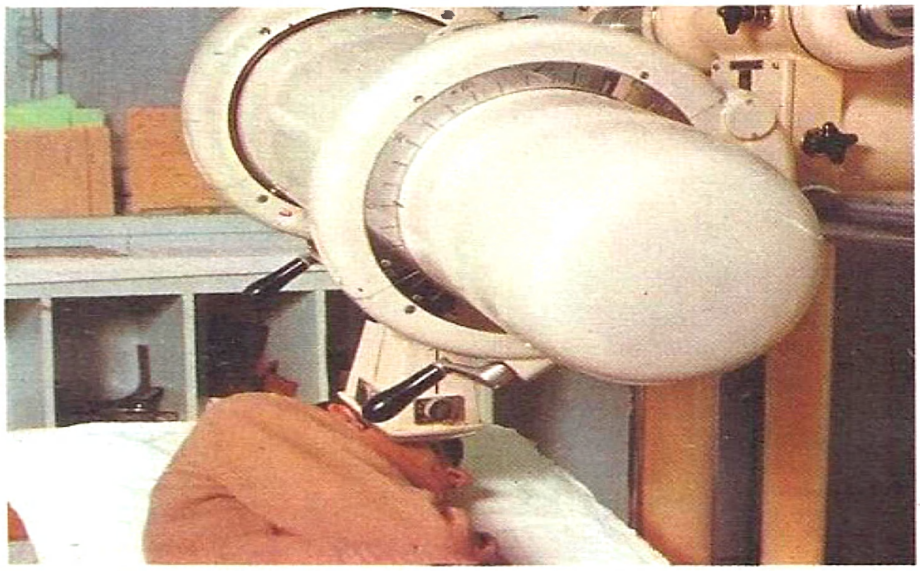
— les rayons X : c'est la rœntgenthérapie **7** A;

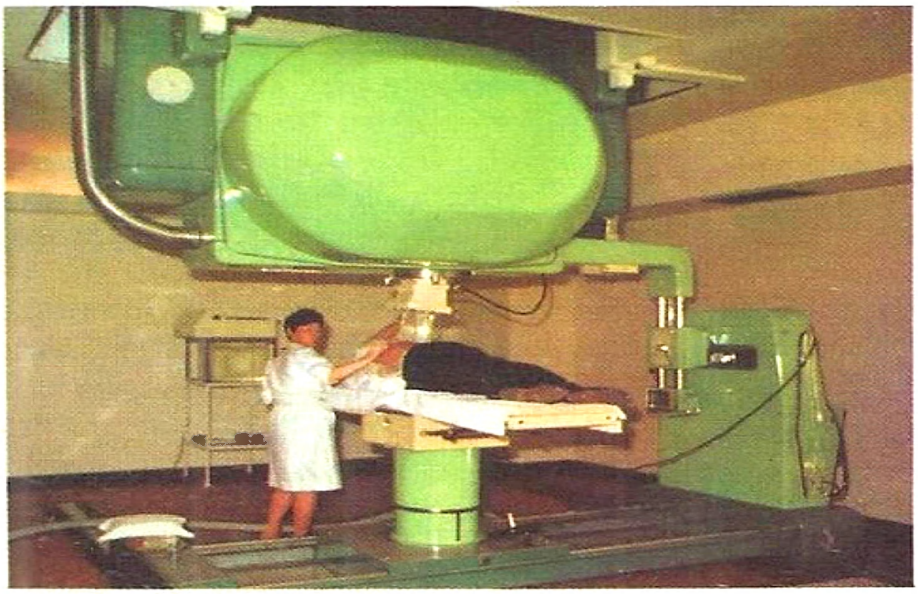
— les radiations émises par le radium (curiethérapie) ou par une « bombe au cobalt » **7** B;

— des faisceaux d'électrons issus d'un bêtatron **7** C.

La chimiothérapie est le traitement par des substances chimiques : certaines arrêtent la division des cellules, d'autres leur croissance. On utilise : un composé azoté de la moutarde, des hormones pour le cancer du sein, et de nouveaux antibiotiques.

Il existe trois traitements principaux du cancer (chirurgie, électrocoagulation, radiothérapie) et des traitements accessoires (par exemple, la chimiothérapie). Le plus souvent on utilise, à la fois ou successivement, plusieurs traitements.





7 radiothérapie

La radiothérapie (du latin : radius, rayon, et du grec : therapeuein, soigner) est le traitement par les radiations; celles-ci empêchent la division des cellules et causent la mort des cellules cancéreuses, plus sensibles à l'action des radiations que les cellules saines.

A Traitement par les rayons X ou rœntgenthérapie du nom du savant allemand Rœntgen, qui découvrit, en 1895, les rayons X.

B Traitement par les rayons gamma produits par une substance radioactive, le cobalt 60, contenue dans une épaisse boîte en plomb nommée « bombe au cobalt ». Le cobalt 60 est obtenu dans les réacteurs atomiques.

Pendant le traitement, cet appareil est commandé à distance.

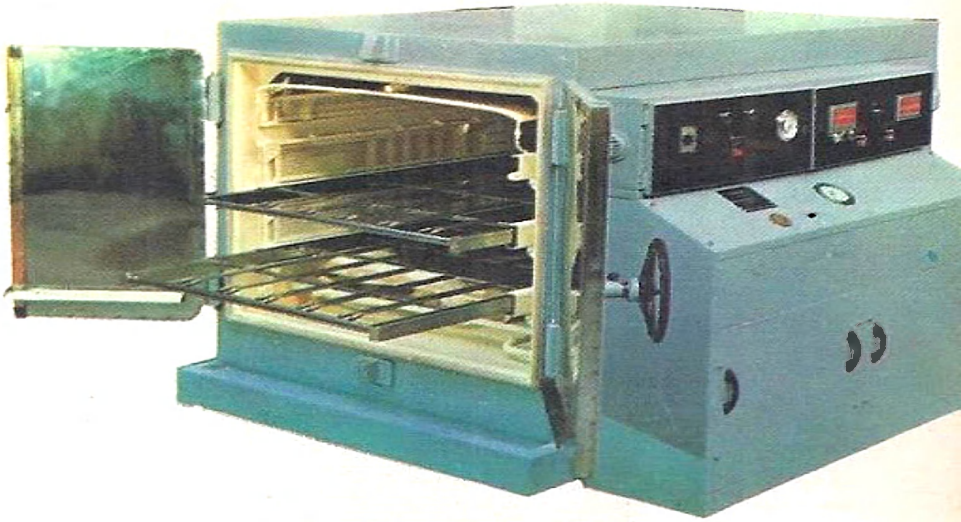
C Traitement par les rayons bêta : ce sont des électrons accélérés; leur accélération est obtenue par un accélérateur de particules, appareil appelé bêtatron. Cet appareil peut produire aussi des rayons X qui pénètrent très profondément dans les tissus de l'organisme.

Le choix des radiations (X, gamma, bêta) à utiliser dépend de l'emplacement de la tumeur et aussi de sa forme.

27 l'hygiène sociale

L'hygiène n'est efficace que si elle est collective ; d'où une organisation sociale de l'hygiène et de la santé. Dans chaque département, sous la responsabilité du Préfet assisté d'un médecin inspecteur de la santé, le Directeur de l'action sanitaire et sociale a parmi ses attributions : la prophylaxie des maladies contagieuses, la lutte contre les maladies à retentissement social (tuberculose, cancer, maladies mentales, alcoolisme), le contrôle de l'application des règlements sanitaires, la surveillance des eaux, l'organisation de la transfusion sanguine, la protection maternelle et infantile, le service de santé scolaire, etc.

Nous n'étudierons que quelques aspects de l'organisation sociale de l'hygiène et de la santé dans le cadre local : médecine préventive et hygiène alimentaire. L'organisation de la transfusion sanguine dépend du cadre départemental (revoyez pages 114 et 123).



A une crèche

C'est un établissement qui reçoit, pendant la journée, des enfants bien portants de moins de trois ans. Un médecin assure la direction du service médical et hygiénique.

B une étuve à désinfection

Dans ce modèle d'étuve pour clinique, on peut traiter deux matelas dans une atmosphère chargée de vapeur d'eau et de vapeur de formol en constante agitation et à des températures qui peuvent varier de 60° à 95°.

C l'inspection sanitaire aux abattoirs

Elle est effectuée par les services vétérinaires: elle a pour buts :

- d'éliminer les « viandes fiévreuses » provenant de bêtes malades et les viandes parasitées (larves de ténia);
- de rechercher l'origine de la contagion et de prendre les mesures propres à l'éviter.

D la vente des coquillages est réglementée

Les coquillages, absorbés le plus souvent crus, peuvent être la cause de maladies (typhoïde, toxi-infection); c'est pourquoi les paniers d'huîtres doivent porter une étiquette prouvant que les huîtres proviennent d'une zone saine.

le lait et l'eau

ENQUÊTEZ

Chez un crémier, apprenez à distinguer :

- le lait pasteurisé : dans quels récipients est-il vendu le plus couramment ?
- le lait stérilisé : c'est du lait chauffé à 110°-115° pendant quelques minutes; il est dépourvu de microbes; pourquoi dit-on qu'il est homogénéisé ?
- divers laits concentrés.

la pasteurisation du lait

Si vous pouvez visiter une grande laiterie, demandez que l'on vous montre :

- un pasteurisateur à plaques où le lait circule entre des plaques d'acier distantes de quelques mm.

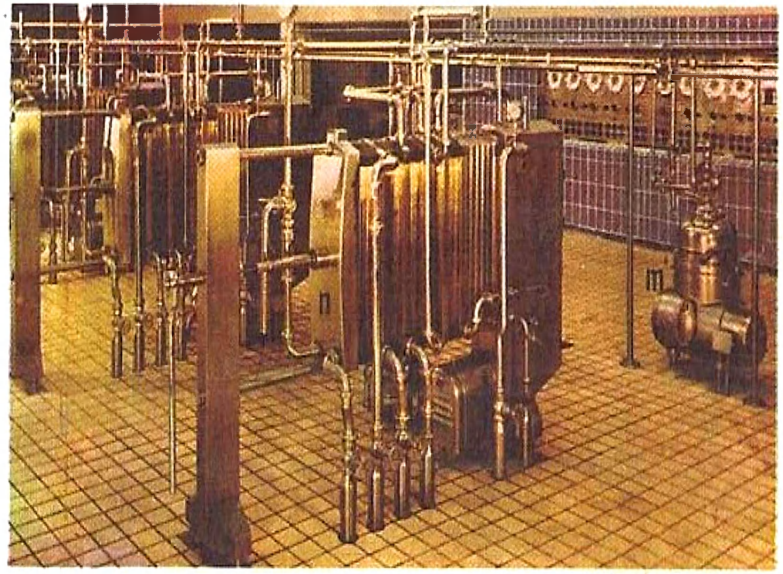
1 Quelles sont les trois parties de l'appareil et quel est leur rôle ?

2 Une centrifugeuse **m** débarrasse le lait des poussières en suspension.

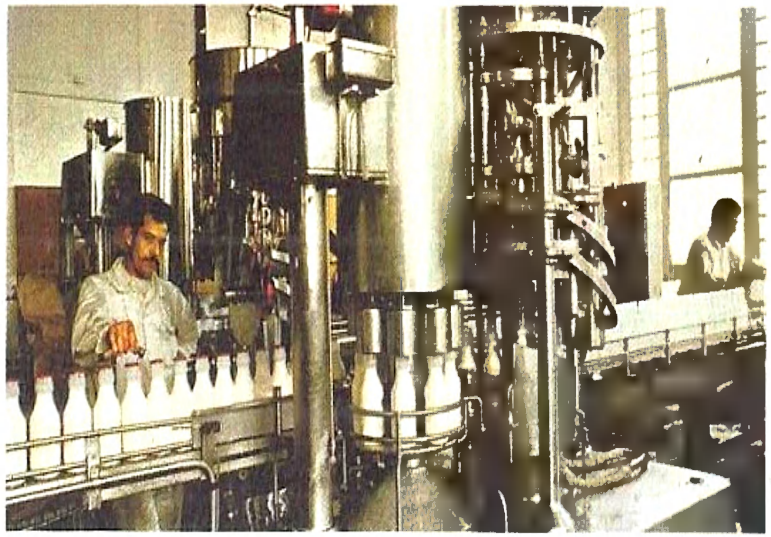
3 A quelle température sort le lait pasteurisé ?

- comment s'effectue la mise en carafe du lait ?

des produits laitiers



une installation de pasteurisation dans une laiterie



mise en carafe et capsulage du lait pasteurisé

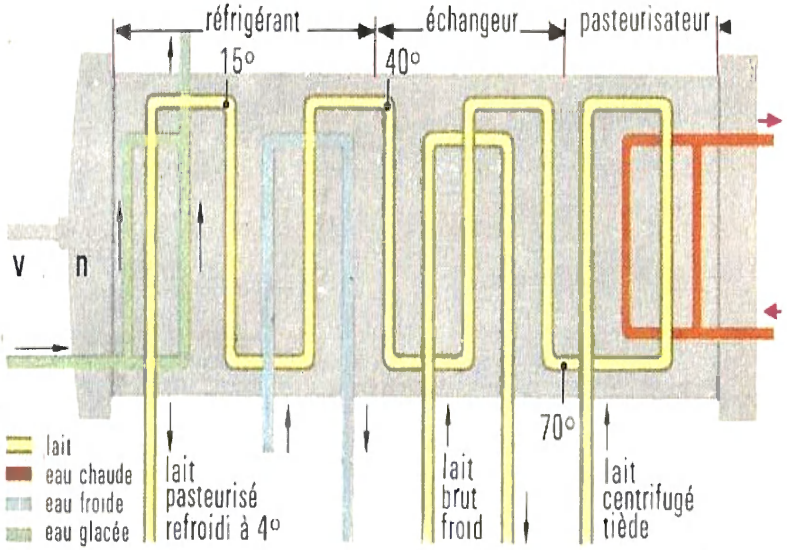


schéma d'un pasteurisateur à plaques

A la mairie de votre localité, au Service des Eaux, demandez à consulter le plan d'adduction d'eau potable et notez :

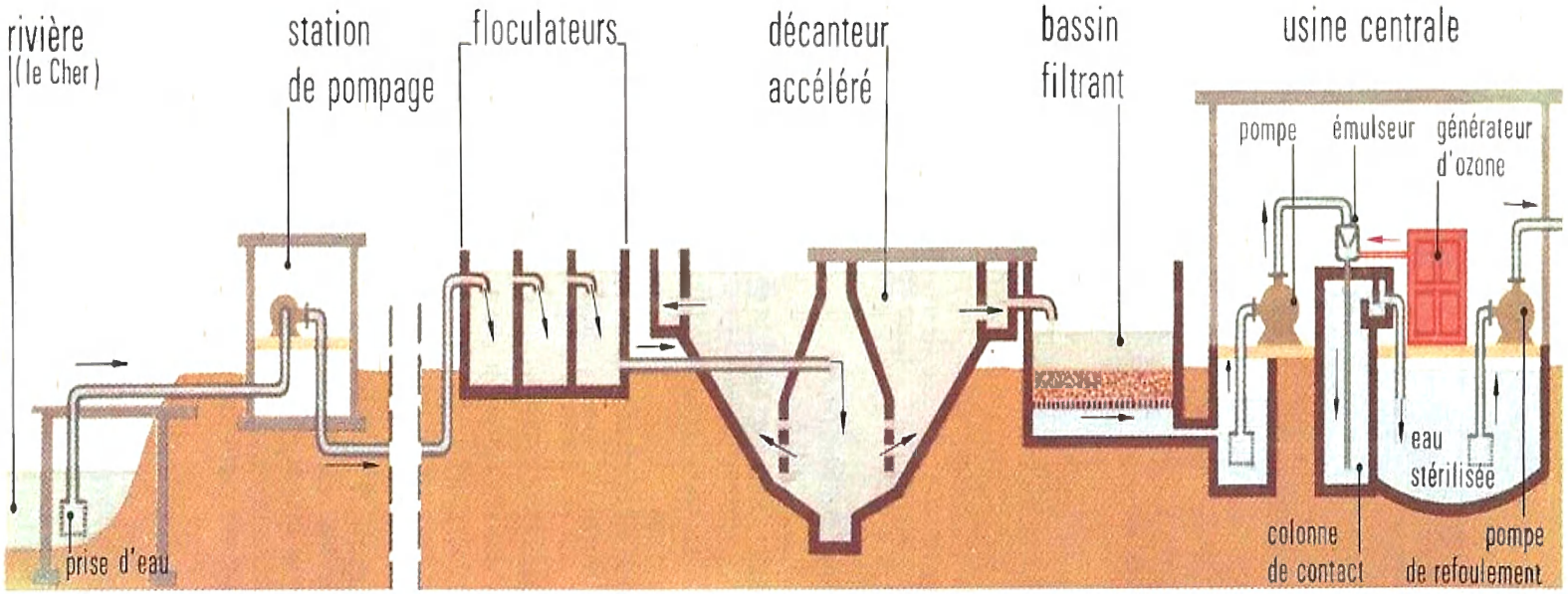
1 La provenance de l'eau : source, rivière...

2 Les traitements subis par l'eau et l'emplacement de l'usine des eaux et des réservoirs de distribution.

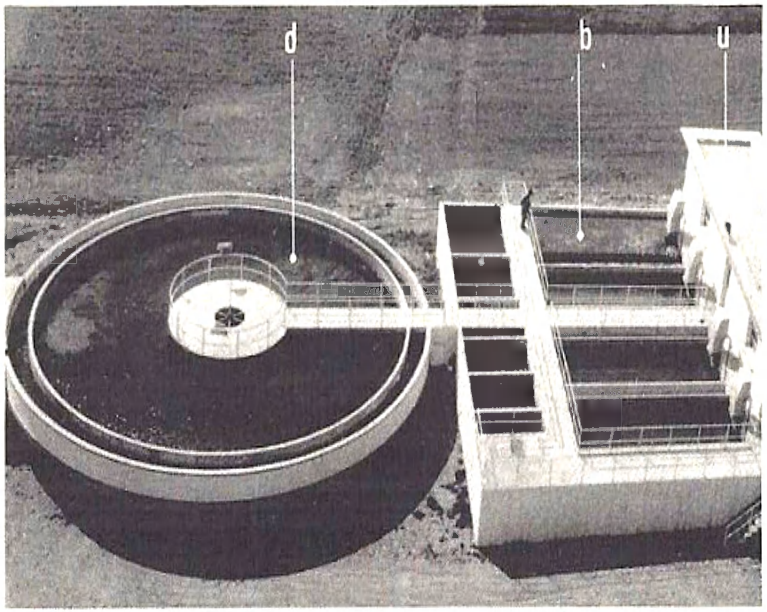
3 Le débit de cette usine.

le traitement de l'eau

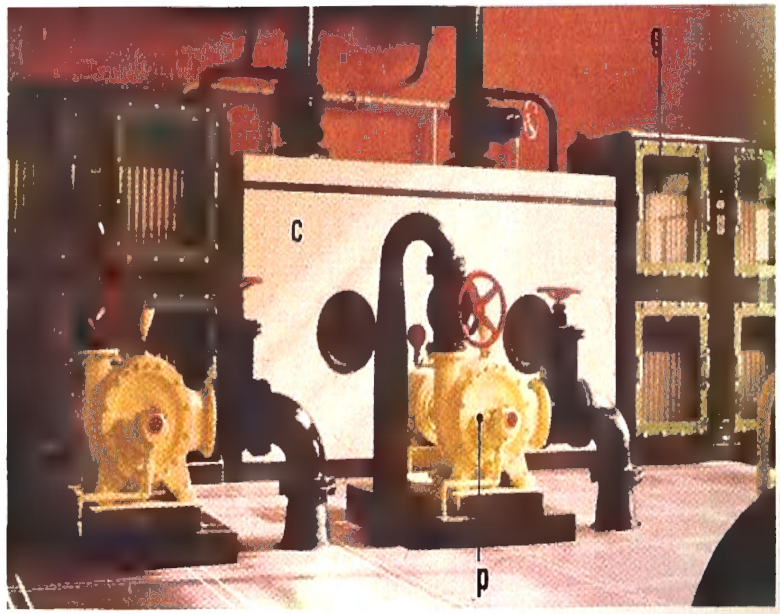
- La floculation : en ajoutant du sulfate d'alumine il se forme des flocons qui entraînent les matières en suspension dans l'eau; le dépôt s'effectue ensuite dans un décanteur **d**.
- La filtration se fait dans un bassin filtrant **b** contenant de gros graviers et du sable fin.
- Le traitement par l'air ozoné : un générateur **g** produit de l'ozone qui, mélangé à l'air, est aspiré par l'eau dans un émulseur; l'ozone agit sur toute la hauteur d'une colonne de contact **c**.



pompage et traitement des eaux d'une rivière pour l'alimentation d'une ville (Vierzon)



près de Lorient, un décanteur et des bassins filtrants



l'intérieur d'une usine des Eaux (Brest)

organisation dans le cadre local

Dans une commune de moins de 20 000 habitants, le Maire doit veiller à l'application des règlements sur la protection de la Santé publique.

Dans une ville de plus de 20 000 habitants, il existe un Bureau municipal d'hygiène dont le Directeur a parmi ses attributions :
— le contrôle des déclarations de maladies et l'organisation du Service municipal de désinfection ;
— l'organisation des séances de vaccination ;
— la surveillance sanitaire des abattoirs et des marchés, l'étude des projets de captation des eaux, la surveillance des eaux potables, etc.

Médecine préventive dans le cadre local

la lutte contre la contagion

On évite la diffusion des germes à l'aide des mesures sanitaires suivantes :
— l'isolement des malades atteints de typhoïde, de variole, de diphtérie, de scarlatine... soit à domicile, soit à l'hôpital ;
— l'éviction des élèves ayant eu certaines maladies ;
— la désinfection soit au cours d'une maladie, soit à la fin de celle-ci, soit pendant et après celle-ci. La désinfection s'obtient par ébullition (linge), par la vapeur d'eau sous pression (vêtements, literie), par des vapeurs de formol **1**. Pour être certain que la désinfection soit faite, la loi rend obligatoire la déclaration de certaines maladies contagieuses ;
— la dératisation, car les rats transmettent les germes de quelques maladies (peste, par exemple).

les vaccinations obligatoires

Elles constituent l'une des meilleures mesures prophylactiques puisque les vaccinations assurent la protection des sujets réceptifs en leur conférant une immunité de longue durée ; c'est pourquoi, dans le cadre local, on s'assure que les vaccinations obligatoires **3** ont été réalisées avant d'admettre un élève dans un établissement scolaire.

Grâce aux mesures prophylactiques qui ont été prises : les unes évitant la diffusion des germes, les autres assurant la protection des sujets réceptifs, certaines maladies (variole, peste) ont pratiquement disparu en Europe pendant que d'autres (diphtérie, tuberculose, poliomyélite) sont en régression.

	NOMBRE DE CAS			NOMBRE DE DÉCÈS		
	1945	1955	1965	1945	1955	1965
diphtérie	45 541	2 155	251	3 312	82	10
tétanos	—	431	403	958	450	245
tuberculose	déclaration non obligatoire			42 017	13 535	6 918
poliomyélite	1 001	1 834	290	231	201	36
coqueluche	2 187	6 738	2 673	1 744	388	56

ÂGE	VACCINATIONS
premiers jours	vaccination par le B.C.G.
3° à 5° mois	vaccination anticoquelucheuse (Coq.)[1]
6° mois	vaccination antivariolique
7° 8° 9° mois	vaccination triple[1] D.T. Polio — antidiphtérique (D) antitétanique (T) antipoliomyélitique (Polio)
10° 12° mois	vaccination par le B.C.G. si l'enfant ne l'a pas reçue à la naissance
entre 15° et 17° mois	rappel[2] de la vaccination anticoquelucheuse (une injection)
entre 18° et 24° mois	rappel[2] de la vaccination triple D.T. Polio. (une injection)
6 ans	injection de rappel[2] D.T. Polio.
10 ans	revaccination antivariolique
11 ans et 16 ans	injection de rappel[2] des vaccins antitétanique et antipoliomyélitique (T. Polio.)

1 Cette vaccination comporte 3 injections à un mois d'intervalle.
2 Il n'y a pas de vaccination complète pour Coq. D. T. ou Polio. sans rappel l'année suivante et un rappel tous les cinq ans environ.

1 un appareil de désinfection pour un local

La désinfection est la destruction de tous les germes pathogènes émis par un malade. Pour désinfecter une pièce, on emploie un fumigateur qui dégage des vapeurs de formol (d'où viennent-elles ?). Elles ont un grand pouvoir microbicide sans provoquer l'altération des objets.

2 l'évolution de quelques maladies

Le tableau ci-contre donne des statistiques portant sur les 20 dernières années. Quelles sont, actuellement, les maladies contagieuses les plus mortelles ? Quelle est la maladie qui a le plus régressé ? Indiquez pourquoi.

3 un exemple de calendrier des vaccinations

En fait, le médecin de famille est seul juge du rythme des vaccinations en tenant compte :

- de l'état de santé de l'enfant;
- de la législation qui impose 5 vaccinations :
  — la vaccination antivariolique dans la première année de la vie;
  — la vaccination par le B.C.G. (page 250) et la vaccination D.T. avant l'âge scolaire;
  — la vaccination antipoliomyélitique;
- de la nécessité de vacciner contre la typhoïde si la maladie sévit dans la région.

II Surveillance de l'eau et des aliments

ce qu'est une eau potable

Pour qu'une eau soit potable, c'est-à-dire utilisable comme eau de boisson, il faut :
— qu'elle soit limpide, d'un goût agréable, fraîche (8 à 12°), aérée (de 25 à 50 cm^3 de gaz par litre) ;
— qu'elle contienne des sels minéraux dissous, mais moins de 0,5 g par litre ;
— qu'elle soit dépourvue de matières organiques, d'œufs de vers parasites (ascaris et oxyure) et de microbes pathogènes (bacille de la typhoïde, amibe de la dysenterie...).
L'analyse bactériologique de l'eau ne comporte pas la recherche des microbes pathogènes mais celle du colibacille dont la présence révèle la pollution de l'eau par des matières fécales, puisque le colibacille existe fréquemment dans notre intestin.

Une eau ne peut être déclarée potable que si l'analyse chimique est favorable et si l'analyse bactériologique montre que l'eau contient moins de 20 colibacilles par litre.

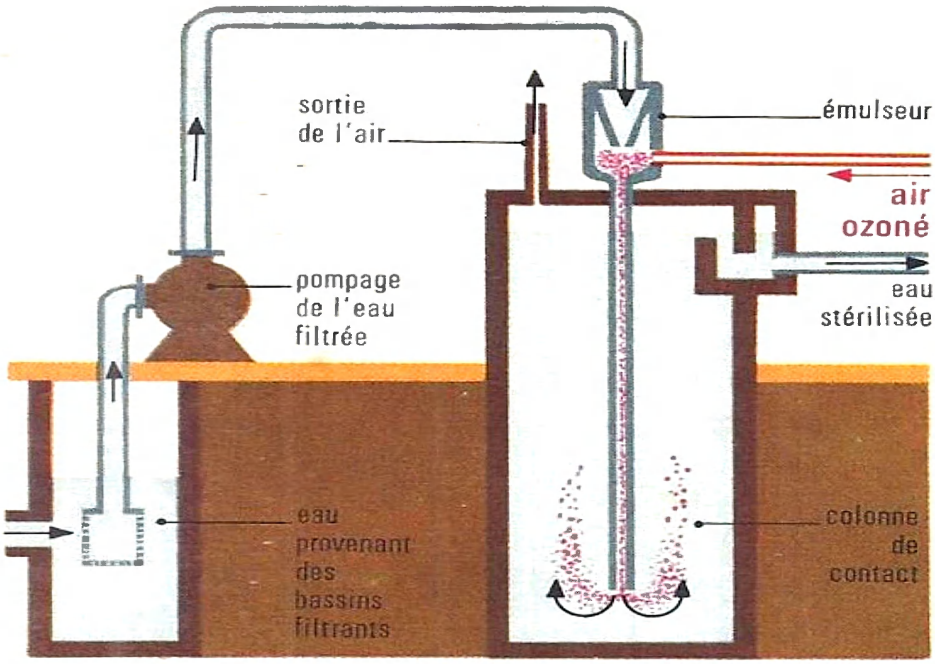
l'alimentation en eau d'une ville

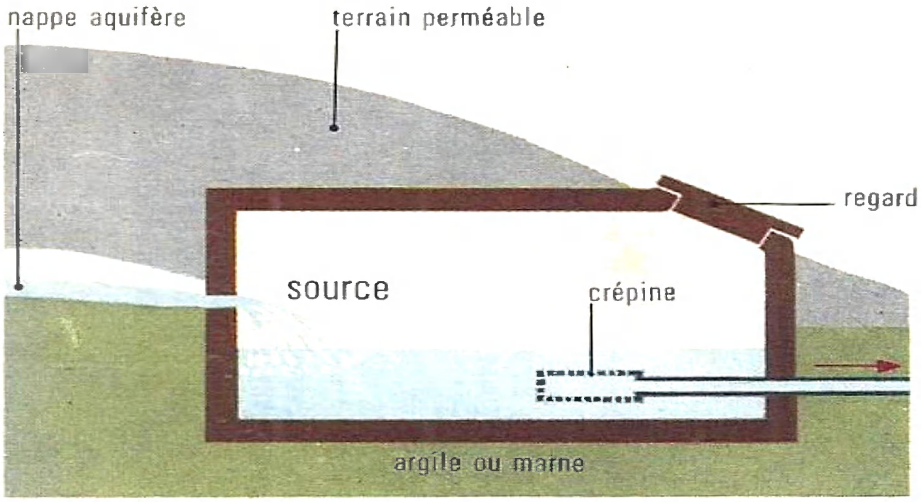
Suivant l'importance de la localité, il faut de 150 à 350 litres d'eau potable par jour et par habitant. Une telle quantité d'eau ne peut pas toujours être fournie par le captage de sources **5** ou par des nappes d'eau de qualité irréprochable ; c'est pourquoi les grandes villes sont souvent obligées de procéder à la purification d'eaux suspectes (sources des terrains fissurés) ou polluées (eaux de rivière) :
— par filtration dans de grands filtres à sable (bassins filtrants) précédés de préfiltres dans lesquels des graviers retiennent les matières en suspension ;
— puis par des procédés chimiques : traitement par l'eau de Javel (javellisation) ou par l'ozone **4**.

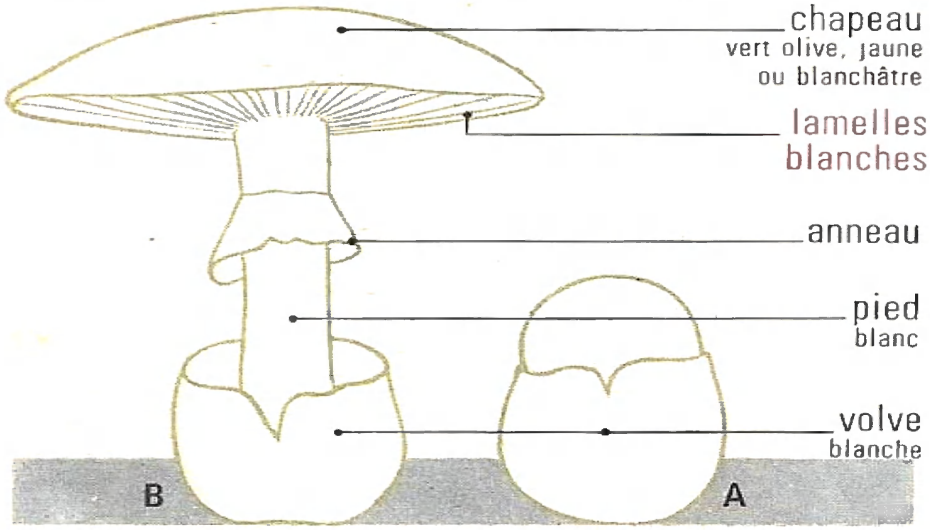
le contrôle sanitaire des aliments

Il a pour but d'éviter la consommation d'aliments dangereux ; c'est pourquoi on procède :
— à l'inspection sanitaire des viandes dans les abattoirs municipaux ;
— à la surveillance du lait qui ne peut être vendu, en ville, que pasteurisé ou stérilisé ;
— à la surveillance des coquillages dont l'emballage doit porter une étiquette spéciale ;
— à la surveillance des marchés de façon à éviter la vente de champignons vénéneux **6** ;
— à l'étiquetage des légumes (poireaux, salades...) provenant des terrains où l'on pratique l'épandage.

Le contrôle sanitaire des aliments a pour but d'éviter la consommation d'aliments dangereux : viandes d'animaux tuberculeux, viandes fiévreuses, viandes parasitées, lait pollué, coquillages contaminés, légumes souillés, etc.







4 traitement de l'eau par l'air ozoné

Quand on fait passer des décharges électriques dans de l'air, une partie de l'oxygène de l'air se transforme en ozone. Or, quand on traite l'eau impure par l'air ozoné :

- les microbes de l'eau sont détruits;
- la coloration de l'eau devient bleutée;
- le goût et l'odeur de l'eau sont considérablement améliorés.

5 précautions pour le captage d'une source

Afin d'éviter la pollution des eaux d'une source par des infiltrations se produisant à proximité de l'endroit où elle jaillit :

- on dégage la source profondément, puis on l'entoure d'une chambre cimentée;
- on délimite une zone de protection dans laquelle on ne peut pas déposer d'ordures.

6 sachez reconnaître ce champignon

C'est l'amanite phalloïde, fréquente en de nombreuses régions, qui est responsable de 95 % des empoisonnements mortels dus aux champignons.

Quels sont les caractères botaniques qui permettent de reconnaître ce champignon?

Il est faux de dire que : « Un champignon mangé par les limaces est comestible. »

anatomie et physiologie humaines

■ L'anatomie et la physiologie 4
1 Le squelette 14
2 Les os 22
3 Les muscles 32
4 Les mouvements 42
5 Le système nerveux 50
6 L'activité nerveuse 60
7 Les aliments 70
8 L'appareil digestif 82
9 La digestion 92
10 La circulation 100
11 Le sang 112
12 L'appareil respiratoire 124
13 La respiration 134
14 Les reins et l'urine 144
■ Le rôle de nos organes 154

hygiène

15 L'alimentation 158
16 L'alcoolisme 166
17 Hygiène de l'appareil moteur 176
18 Hygiène du système nerveux 184
19 Les microbes 190
20 L'œuvre de Pasteur 204
21 L'infection microbienne 212
22 Notion d'antibiotique 222
23 Variole et charbon : découverte des vaccins 226
24 Diphtérie : anatoxine, sérum 236
25 La tuberculose 244
26 Un fléau social : le cancer 254
27 L'hygiène sociale 262

□ Utilisation du microscope 2
□ La transfusion sanguine 114
□ Soins aux asphyxiés 136
□ Le lait et l'eau 264

ANNONCE ET PUBLICITÉ PARIS 223[3]. **Mlle BARGE** 126[2]. **BOUHOT** 1. **Dr BOUILLAUD** 227[1 2]. **Pr BOURDON** 254[1 2]. 255[2]. 257. **CALS** 53[3 4]. 73[3]. 75[1]. 79. 85[2]. **CH. SYND. DES FABRICANTS DE PRODUITS PHARMACEUTIQUES** 235[1 2]. **Dr CHEVREAU** 52[3]. **COMITÉ NAT. DE DÉFENSE CONTRE L'ALCOOLISME** 171[1]. **DECANTELLE** (ROUGE & OR) 60. **DUSSARDIER** 190[1 2]. **EVERAERE** 45[3]. 185[2]. 243. 249[1 2 3]. **FOTOGRAM** (BRUNEAU) 6[2]. 7[1 3]. 25[3 4]. 52[1 2 4]. 53[1]. 84[5]. 85[1]. 112[1 2]. (NOËL EDWARD) 185[1]. **HACHETTE** 205[1 3]. 231[1]. (CHATELAIN) 193[3]. (CORSON) 4[1 2 3]. 5[1 2]. 6[1]. 7[2]. 15[1 2 3]. 16[1 2]. 17[1]. 22[1 2]. 23[1]. 24[1 2]. 25[1 2]. 33[1 2 3]. 34[1]. 42. 44[1 2 3]. 45[2]. 50[1 2]. 51[1 2]. 53[2]. 61[1 2]. 62[1 2 3 4]. 63[1 2]. 65[1 2]. 67[1 2 3 4]. 82. 83[1 2]. 84[1 2 3 4 6]. 101[1 4]. 102[1 2]. 103[1 2]. 112[3 4]. 126[1]. 144. 167[1]. 171[2]. 212. 221[1 2 3]. (DEJAY) 32. 43[1 2]. 70. 71[1 2 3 4]. 100. 101[2]. 113[1 2]. 114. 115. 123[1 2]. 125[2]. 136. 137. 163. 167[2]. 175[2]. 179. 189[1]. 191[3]. 205[2]. 213[1 2]. 236. 241[1 2 3]. 245[1]. 262. 263[1 2 3 4]. 264[3]. (LAROCHE) COUVERTURE. 2. 3. 35[1 2]. 45[1]. 72[1 2 3 4]. 73[1 2 4]. 75[2]. 81[1 2 3]. 92[1 2 3]. 93[1 2 3]. 103[3]. 113[3 4]. 127[3 4]. 134. 135[1 2 3 4]. 146[1 2]. 147[1 2 3 4 5]. 159[4]. 165[1 2 3]. 166[1 2 3 4]. 192[1]. 193[1 2]. 197. 219. 264[1]. 267. (MAISONNEUVE) 101[3]. 124[1 2 3]. 175[1]. 176. 177[1 2 3]. 183. 226. 231[4 5 6]. 244. 249[4 5 6 7]. 251[1 2]. (ROHAN) 34[2]. (SERVICE GRAPHIQUE) 17[2]. 29[1 2]. 145[2]. (TERRIER) 126[3]. 143. 231[2 3]. 261[1 2]. **HÔPITAL SAINT-JOSEPH** 125[1]. **HÔPITAL SAINT-LOUIS** 191[2]. 227[3 4]. **I.N.R.A.** 191[4]. **INST. PASTEUR** 192[4]. 200[2 4]. 201[1 2 3]. 202[1 2 3 4]. 222. 223[2]. 237[2 3]. 245[3]. (Mlle CROISSANT) 156. 157. 203[1 2 3]. 229[1 2]. (Dr LAMY) 200[1]. (Dr LAVERAN) 200[3]. (Dr MARIAT) 201[4]. (Dr POUTREL) 213[4]. **INSTITUT SCIENTIFIQUE D'HYGIÈNE ALIMENTAIRE** 159[2 3]. 161. **JOHNSSON** 184. **LABORATOIRE ROCHE** 159[1]. **L. J. LAPORTE** 85[3]. **LEGROS** 185[3]. 221[4]. **J. LE MADEC** 204. **LHUISSIER** 189[2]. **A. LUMIÈRE** 153. **Dr MARSAN** 259[1 2]. **ST-MARY'S HOSPITAL** 223[1]. **SCIENCE ET VIE** 217[1 2]. **S.E.P.T.** 255[1 3]. **VERGIAT A.M.** 191[1]. **VONS** 261[3]. DOCUMENTS (COMP. DES EAUX ET DE L'OZONE) 265[1 2]. (SIGMA) 264[2]. PHOTOS COMMUNIQUÉES PAR LES **AUTEURS** : 14. 23[2 3]. 127[1 2]. 145[1]. 245[2]. PAR LES LABOR. **TORAUDE** : 192[2 3].

Imprimé en Espagne par U. P. I. - Talleres Offset Nerecán, S. A. à San Sébastian ⊕ 12 2663 7 - Dépôt légal n° 4635-4-1972 - Collection n° 42 - Édition n° 06

12/2668/7

Imprimé en France
par SCHMIT Paris